



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

PETRI NYSSÖLÄ
LEAN-KÄSIKIRJA ELEKTRONIIKKATEOLLISUUDEN
YRITYKSELLE
Diplomityö

Tarkastaja: professori Lauri Sydänheimo
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Tieto- ja sähkötekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
9. toukokuuta 2012

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Sähkötekniikan koulutusohjelma

NYYSSÖLÄ, PETRI: Lean-käsikirja elektroniikkateollisuuden yritykselle

Diplomityö, 42 sivua

Kesäkuu 2012

Pääaine: Elektroniikan pakkaus- ja tuotantotekniikka

Tarkastaja: professori Lauri Sydänheimo

Avainsanat: Lean, arvovirtakuvaus, hukka, 5S, elektroniikka, JIT

Elektroniikan massatuotanto on siirtynyt 2000-luvun aikana pois Suomesta kasvavien markkina-alueiden perässä kohti halvemman kustannuksen maita. Suomeen on jäänyt kuitenkin elektroniikan valmistajia, jotka kilpailevat pienempien sarjojen ja asiakaskohtaisten räätälöintien avulla. Paikallisuus ja yhteistyön helppous on tärkeää pienemmille asiakkaille. Tämä diplomityö luo kirjallisuuskatsauksen lean-toimintakulttuuriin ja toimii käsikirjana yritykselle, joka haluaa saada käsityksen mahdollisuuksistaan parantaa omaa kilpailukykyään.

Leanin periaatteita noudattamalla on mahdollista muodostaa virtaviivainen ja nopeasti asiakaskysynnän muutoksiin reagoiva yritys. Tämä vaatii sen, että tehdään oikeita asioita ja asioita oikein. Leanin perusajatus on hukan poistaminen kaikista prosesseista vähentämällä ylituotantoa, yliprosessointia, ylimääräistä varastointia, tavaroiden tarpeetonta siirtämistä, turhia liikkeitä, virheitä ja odottamista. Myös ihmisten osaamisen hyödyntämisen laiminlyöminen on hukkaa.

Turhaa työtä voidaan vähentää järjestämällä 5S-ohjelma, jolla työpisteitä ja –alueita siistitään ja ennenkaikkea pidetään siistinä. Tällöin myös työturvallisuus paranee alueilla. Työvaiheiden standardoinnilla vähennetään virheiden mahdollisuuksia, kun yhteisesti sovitusta menetelmästä pidetään kiinni. Virheitä voidaan ehkäistä myös käyttämällä esimerkiksi väärän asennustavan estäviä muotoja tai laitteiston automaattisella pysäytyksellä virheen tapahtuessa.

Asiakastarpeeseen pystytään vastaamaan paremmin, kun tuotanto järjestetään virtaavaan muotoon. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteita pyritään käsittelemään mahdollisimman pienissä erissä ilman turhaa väliavarastointia. Solumuotoisella tuotannolla voidaan tuotteita siirtää jopa yksitellen eteenpäin kohti seuraavaa työvaihetta. Toinen merkittävä tekijä lyhyeen läpimenoaikaan on tuotevaihtoihin kuluvan ajan minimointi. Tällöin tunnistetaan tuotevaihtoissa tarvittavat toimenpiteet ja jaotellaan ne koneen käynnissä tehtäviin ulkoisiin ja koneen pysähdyksissä tehtäviin sisäisiin toimenpiteisiin. Sisäiset toimenpiteet tulee muuttaa ulkoisiksi, jolloin koneet eivät ole kauaa pysähdyksissä vaihtoja tehdessä.

Solumuotoista tuotantoa on päästy toteuttamaan yhden tuoteperheen loppukoonnassa, jossa kolmen työntekijän panos saatiin muutettua kahden työntekijän panokseksi lyhentäen samalla läpimenoaikaa 38 prosenttia. Tähän päästiin solun lyhyiden välimatkojen myötä yksiosaisen virtauksen menetelmällä.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

NYSSÖLÄ, PETRI: Lean Handbook for Electronics Manufacturer

Master of Science Thesis, 42 pages

June 2012

Major: Electronics Packaging and Production Engineering

Examiner: Professor Lauri Sydänheimo

Keywords: Lean, value stream mapping, waste, 5S, electronics, JIT

In the first decade of this millennium the mass production of electronics has been moved away from Finland because of the emerging markets and lower manufacturing costs in those countries. There are still manufacturers in Finland who compete in the league of smaller manufacturing series and customer specific products. Locality and the easiness of collaboration is important for smaller customers. This thesis gives a literature review of lean-culture and it works as a handbook for a corporation who wants to get an understanding of the possibilities on how to improve competitiveness.

When complying lean principles, it is possible to form a streamlined corporation that reacts quickly to changes in customer demand. This requires that the right things are done and that the right things are done right. The core thought in lean is the removal of waste from every process. That is done by reducing overproduction, overprocessing, excess inventory, unnecessary transportation, unnecessary motion, defects and waiting. Also the underutilization of employees is waste.

Unnecessary work can be reduced with 5S program. The working area is cleaned and of all things the area is kept clean. The result is improved workplace safety. Standardized work methods are used to reduce defects but it insists that the standards are properly followed. Defects can also be avoided by using shapes that does not allow improper assembly or by using automated stoppage system in equipment if defects occur.

It is possible to react better to customer demand if the production process is streamlined. This means that products are handled in lowest possible batches without unnecessary buffering. Cellular manufacturing allows handling products one piece at a time. Another factor to short lead time is minimizing the time it takes to change from one product to another. Reduction in changeover time is possible if all the procedures that are required for product change are identified and are categorized to be internal or external. Internal procedures can be done when the machine is stopped and external can be done while the machine is running. The internal procedures should be converted to external so that the machines are idle only a short time while changing product.

Cellular manufacturing has been executed in an assembly process of one product family. Three workers' input has been converted to a cell of two employees while reducing lead time by 38 percent. This was possible because of cell's short distances between employees using one piece flow.

ALKUSANAT

Hakiessani töitä vuoden 2010 loppupuolella opintojeni ollessa loppusuoralla otin yhteyttä Xorteciin. Hain töitä niin diplomityön kuin työharjoittelun kannalta. Onnekseni yrityksessä oli avautumassa paikka kehittämään tuotantoa lean-ajattelun pohjalta. Lean oli minulle tässä vaiheessa jokseenkin tuttu muutamilta kursseilta ja olin innokas jatkamaan yrityksessä jo aloitettua työtä. Lean itseasiassa sisältää paljon sellaisia ajatuksia, joita olen noudattanut omassa arkielämässäni.

Diplomityö on valmistunut muun työni ohessa. On ollut suuri ja uudenlainen haaste hypätä mukaan kehittämään itselleen tuntematonta yritystä. Haluan siis kiittää Xortecin jokaista työntekijää prosessien omaksumisessa, sillä olen saanut keskustella niistä heidän jokaisen kanssa.

Tampereella 9. toukokuuta 2012

Petri Nyyssölä

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Yritysesittely	2
2	LEANIN HISTORIA	3
3	ARVO JA ARVOVIRTAKUVAUS	4
4	TURHAN TYÖN VÄHENTÄMINEN	9
4.1	Hukan tunnistaminen – Muda, muri, mura	9
4.2	Siisteyttä 5S-ohjelmalla	12
4.3	Standardityö	14
4.4	Virheiden ehkäiseminen	15
4.5	Visuaalinen ohjaus ja mittarit	16
5	ASIAKASTARPEESEEN VASTAAMINEN	20
5.1	Virtaava tuotanto	20
5.1.1	Imuohjaus	20
5.1.2	Tarpeen ilmaiseminen kanbanien avulla	22
5.1.3	Takt-aika	23
5.1.4	Solumuotoinen tuotanto	24
5.1.5	Yksiosainen virtaus	25
5.2	Tasoitettu tuotanto	27
5.3	Nopeat tuotevaihdot	29
5.4	Pullonkaulateoria	30
6	TOIMENPITEITÄ JATKOA AJATELLEN	32
6.1	Varastonhallinta	32
6.2	Tuotantoprosessi	34
6.3	Mittarit ja visualisointi	39
7	YHTEENVETO	42

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

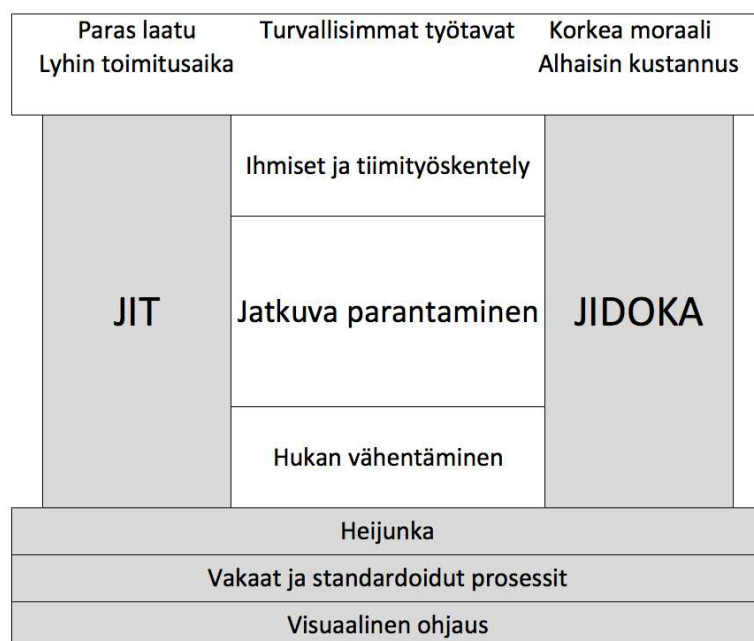
ABC-analyysi	Varastomalli, jossa nimikkeet jaetaan A-, B- ja C-ryhmään menekin tai muun kriteerin perusteella.
EOQ	Economic Order Quantity. Taloudellisen tilauskoon määrittäminen esimerkiksi ABC-analyysissä.
FIFO	First-in, First-out. Välivarastoinnin järjestäminen siten, että ensimmäinen varastoon tullut myös lähtee sieltä ensimmäisenä jatkokäsittelyyn.
JIT	Just-in-Time. Juuri oikeaan aikaan ja tarpeeseen valmistaminen, jolloin hukkaa syntyy vähiten.
OEE	Overall Equipment Efficiency. Laitteiston kokonaistehokkuus, joka määritetään käyttöasteen, suorituskyvyn ja laaduntuottokyvyn tulolla.
OTED	One-touch Exchange of Die. Tuotevaihtoihin käytettävän ajan lyhentäminen alle sataan sekuntiin.
SMD	Surface Mount Device. Pintaliitoskomponentit elektroniikan koneladontaan.
SMED	Single-minute Exchange of Die. Tuotevaihtoihin käytettävän ajan lyhentäminen alle kymmeneen minuuttiin.
TH	Through Hole. Perinteiset elektroniikan komponentit, joiden jalat menevät piirilevyn läpi.
TOC	Theory of Constraints. Pullonkaulateoria, joka perustuu ketjun heikoimman lenkin tunnistamiseen ja rumpu-puskuri-köysi-mallin käyttöön.
TPS	Toyota Production System. Toyotan kehittämä tapa järjestää tuotanto tehokkaasti hukkaa minimoimalla jatkuvan parantamisen keinoin ja henkilöstöä osallistamalla.
VSM	Value Stream Mapping. Arvovirran kuvaaminen, jolla havainnollistetaan prosessissa esiintyvä hukka ja kehitysideat sen vähentämiseksi.

1 JOHDANTO

2000-luvun aikana elektroniikan tuotantoa on siirretty merkittävässä määrin pois Suomesta työn kustannusten ja kasvavien markkina-alueiden ehdoilla. Suomessa toimii edelleen useita pieniä ja keskisuuria elektroniikka-alan yrityksiä, jotka ovat keskittyneet pienten ja keskisuurten sarjojen valmistukseen. Tällaisten yritysten kilpailuasema perustuu yksikköhinnan sijaan joustavan tuotannon sallimaan nopeaan reagoitakykyyn markkinamuutoksissa, asiakasräätelöityjen tuotteiden valmistamiseen sekä paikallisuuteen. Paikallisuus tarkoittaa usein helpompaa asiointia yritysten välillä.

Suuren tuotevalikoiman ja pienen volyymin tuotannossa kysyntäennusteiden tekeminen on monissa tapauksissa haasteellista ja tietyissä tapauksissa resurssikäytön kannalta turhaakin. Tämän takia on kiinnitettävä huomiota toimitusajan minimointiin, jolloin asiakkaiden tarpeisiin voitaisiin vastata mahdollisimman nopeasti. Lisäksi on tärkeää toimittaa asiakkaalle oikea määrä tuotetta oikeaan aikaan ja oikealla laatusallalla.

Lean tarkoittaa laihaa tai ohutta ja sen periaatteena on kehittää yritystä valmistamaan tuotteita tai tuottamaan palveluita vähemmillä resursseilla. Resurssien käyttöä tehostamalla tuotteita voidaan valmistaa enemmän samassa ajassa. Ei riitä, että tehdään oikeita asioita, jos ne tehdään väärin. Eikä riitä, että tehdään asioita oikein, jos tehdään väärin asioita. On siis tehtävä oikeita asioita oikein. Leanin periaatteita on esitetty kuvassa 1 Likerin [1, ss. 27-34] TPS (Toyota Production System) -talon pohjalta.



Kuva 1. Lean-toiminnan periaatteet [1, ss. 27-34]

Lean on rakennettava vakaalle pohjalle, jota edustavat visuaalinen ohjaus, vakaat ja standardoidut prosessit sekä heijunka eli tuotannon tasaaminen. Tärkeimmät peruspilarit ovat JIT (just-in-time) ja jidoka. JIT tarkoittaa juuri oikeaan tarpeeseen pohjautuvaa tuotantoa. Jidoka sisältää laadun rakentamisen prosessiin virheiden ehkäisemisen ja juurisyiden selvittämisen keinoin. Talon sisällä tärkeintä on jatkuva parantaminen. Ihmisiä tulee kouluttaa toimimaan useissa työtehtävissä sekä yhteistyössä tiimin jäsenten kanssa. Myös hukan vähentämisen tulee olla jatkuvaa, jolloin myös sen havaitsemiseen harjaantuu. Tuotantoprosessin lyhentäminen hukan eliminoinnin avulla auttaa yritystä saavuttamaan parhaan laadun, lyhimmän toimitusajan, turvallisimmat työtavat, korkean moraalin ja alhaisimman kustannuksen.

Diplomityö koostuu kuudesta luvusta. Johdannon jälkeen käydään lyhyesti läpi leanin historiaa, jonka jälkeen kolmannessa luvussa käsitellään arvoa ja arvovirtaa. Neljännessä luvussa perehdytään hukan tunnistamiseen sekä vähentämiseen ja viides luku pitää sisällään tekniikoita, joiden avulla asiakastarpeeseen voidaan vastata paremmin. Työn lopussa esitellään muutamia toimenpiteitä, joilla yrityksen sisäisiä toimintoja voitaisiin kehittää. Xortec oy:tä on tarkoitus kehittää leanin periaatteita soveltaen palvelemaan tehokkaammin nykyisiä ja tulevia asiakkaita.

1.1 Yritysesittely

Xortec oy on nykyisin Lempäälässä sijaitseva elektroniikan alihankintaa ja sopimusvalmistusta harjoittava yritys. Xortecissa valmistettavat sarjat ovat kooltaan pieniä ja keskisuuria, mutta myös prototyypinvalmistus on mahdollista. Yritys on perustettu 1990-luvun alkupuolella ja sen liikevaihto on tänä päivänä kolmen miljoonan euron luokassa. Yritys työllistää noin 25 henkilöä ja toimitusjohtajana toimii Seppo Koskensilta.

Xortecin asema liiketoiminta-alueella on vakiintunut. Asiakaskunta on laaja ja joidenkin asiakkaiden kanssa yhteistyö on jatkunut jo vuosia. Muut Pirkanmaalla sijaitsevat saman liiketoiminta-alueen yritykset ovat Pikotec oy sekä Kyrel oy. Näistä Pikotec on liikevaihdoltaan hieman suurempi (noin 5,5 miljoonaa euroa) ja Kyrel merkittävästi suurempi (noin 22,5 miljoonaa euroa).

2 LEANIN HISTORIA

Lean-filosofia on peräisin autoteollisuudesta ja se on muotoutunut asteittain käsityö- ja massatuotantokausien kyvyttömyydestä vastata teollisuuden kehitykseen perinteisin keinoin. Käsityön aikakausi alkoi 1880-luvulla ja siirtyminen massatuotantoon tapahtui vuoden 1910-luvun puolivälissä. [2, ss. 17-69]

Käsityöaikakauden autot olivat kirjaimellisesti yksilöitä, sillä näissä käytetyt komponentit olivat yksilöllisesti juuri tiettyyn autoon sovitettuja. Tämä johtui käytännössä tuotantolaitteiden työstöominaisuuksista ja yhdenmukaisten mittausvälineiden puutteesta. Näin ollen jokainen osa jouduttiin työstämään sopivaksi sen kiinnittämiseksi kokoonpanon seuraavassa työvaiheessa. Tällä menetelmällä ei useinkaan ollut mahdollista valmistaa kuin korkeintaan tuhat autoa vuodessa. Autoteollisuus saavuttikin nopeasti suvantovaiheen, koska osavalmistajilla ei ollut resursseja kehittää uusia valmistusteknologioita. [2, ss. 17-69]

Siirtyminen käsityöstä massatuotantoon tapahtui Henry Fordin tekemien innovaatioiden pohjalta. Hän kehitti tekniikoita, joiden avulla kustannuksia saatiin merkittävästi pienennettyä parantaen samalla tuotteiden laatutasoa. Vuonna 1908 esitelty Fordin T-malli mullisti autoteollisuuden, sillä se oli suunniteltu tuotantoa ja käyttäjäystävällisyyttä ajatellen. Massatuotannon mahdollisti yhdenmukaiset ja keskenään vaihdettavat osat sekä niiden asennuksen helppous. Tämä onnistui käyttämällä yhdenmukaisia mittavälineitä osavalmistuksessa, jolloin jälkityöstöä ja sovittamista ei enää tarvinnut tehdä. Näiden seurauksena oli mahdollista ottaa käyttöön kokoonpanolinja. Vuonna 1913 käyttöönotettu liikkuva kokoonpanolinja tehosti toimintaa entisestään. 1920-luvulla Ford valmisti parhaimpansa vuoteen jopa kaksi miljoonaa identtistä autoa. Massatuotanto ohjasi autoteollisuutta yli 50 vuotta ja se omaksuttiin länsimaissa lähes jokaiseen teollisuudenalaan. Myöhemmin nämä juurtuneet tavat ovat hidastaneet yritysten siirtymistä lean-tuotantoon. [2, ss. 17-69]

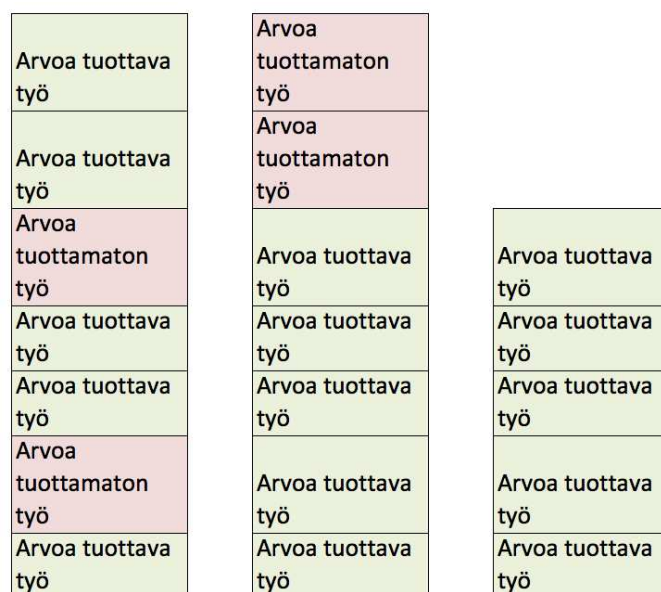
Lean sai alkunsa 1950-luvulla Eiji Toyodan vieraillessa Fordin Rougen tehtaalla Detroitissa. Hän löysi tehtaalta paljon parannettavaa, mutta huomasi, että pelkkä kopiointi ja parantaminen ei toimisi Japanissa. Japanin markkinat olivat pienet ja vaativat laajan tuotevalikoiman. Huonot työolot hyväksyvää työvoimaa ei ollut saatavissa naapurimaista. Sodan runtelema talous ei mahdollistanut länsimaisten teknologioiden ostamista ja maailmalla olevat kilpailijat olivat liian suuria kohdattavaksi. Toyotan oli siis kehitettävä toimintojaan siten, että näistä rajoitteista huolimatta autojen valmistus saataisiin kannattavaksi ja kilpailukykyiseksi. Syntyi Toyota Production System, josta myöhemmin alettiin käyttää nimitystä lean. [2, ss. 17-69]

3 ARVO JA ARVOVIRTAKUVAUS

Lean-ajattelun lähtökohtana on arvo, jonka määrittämisen voi tehdä vain loppuasiakas. Arvo on syytä määritellä tietyssä tuotteena, joka täyttää asiakkaan tarpeet tietyssä aikana tiettyyn hintaan. Arvon tuottajana toimii tuotteen valmistaja, joka asiakkaan näkökulmasta on syy miksi valmistajia on olemassa. Perinteisesti valmistaja pyrkii arvaamaan minkälaisista tuotteista asiakas on kiinnostunut, jolloin asiaa lähestytään oman organisaation olemassa olevien resurssien näkökulmasta. Tätä kautta arvon määrittäminen voi kuitenkin olla erittäin vaikeaa. Jos asiakas ei olekaan kiinnostunut tuotteesta sellaisenaan, niin hintaa tai ominaisuuksia täytyy muuttaa. Lean-ajattelussa arvo rakennetaan asiakkaan tarpeiden näkökulmasta tiiviin vuorokeskustelun kautta. [3, ss. 15-98]

Tuotannossa esiintyy vain kahdenlaista työtä, jotka ovat joko arvoa lisäävää tai arvoa lisäämätöntä. Arvoa lisäävä työ tarkoittaa työtä, josta asiakas on valmis maksamaan. Asiakasta kiinnostaa siis vain sellaiset työt, jotka vaikuttavat tuotteen valmistumiseen. Arvoa lisäämätöntä, turhia kustannuksia aiheuttavaa, työtä sitä vastoin ovat esimerkiksi siirtymisiin kuluva aika ja komponenttien sekä työvälineiden etsiminen. [4, ss. 27-39]

Kuvassa 2 on esitetty arvoa lisäävän ja arvoa lisäämättömän työn vaikutus esimerkiksi tuotteen läpimenoaikaan. Kun arvoa tuottamaton työ osataan tunnistaa, erottaa ja poistaa prosessista, niin on selvää, että läpimenoaika lyhenee ja yrityksen pääomaa sitoutuu lyhyemmäksi ajaksi valmistuvaan tuotteeseen.



Kuva 2. Arvoa tuottamattoman työn tunnistaminen ja poistaminen prosessista

Arvovirta tarkoittaa kaikkia niitä toimintoja, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseksi. Siihen sisältyy arvoa lisäävän toiminnan lisäksi arvoa lisäämättömät toiminnot. Arvovirta muodostuu kaikista toimintaa tukevista tekijöistä kuten ihmisistä, työvälineistä ja teknologioista, toimipaikoista, organisaatiokulttuurista ja sen arvoista, kommunikaatiokanavista, hallintopolitiikasta sekä sosiaalijärjestelmästä. Arvovirta pitää sisällään koko toimitusketjun raaka-aineen tuottajilta valmiiksi tuotteiksi. [5, ss. 63-82]

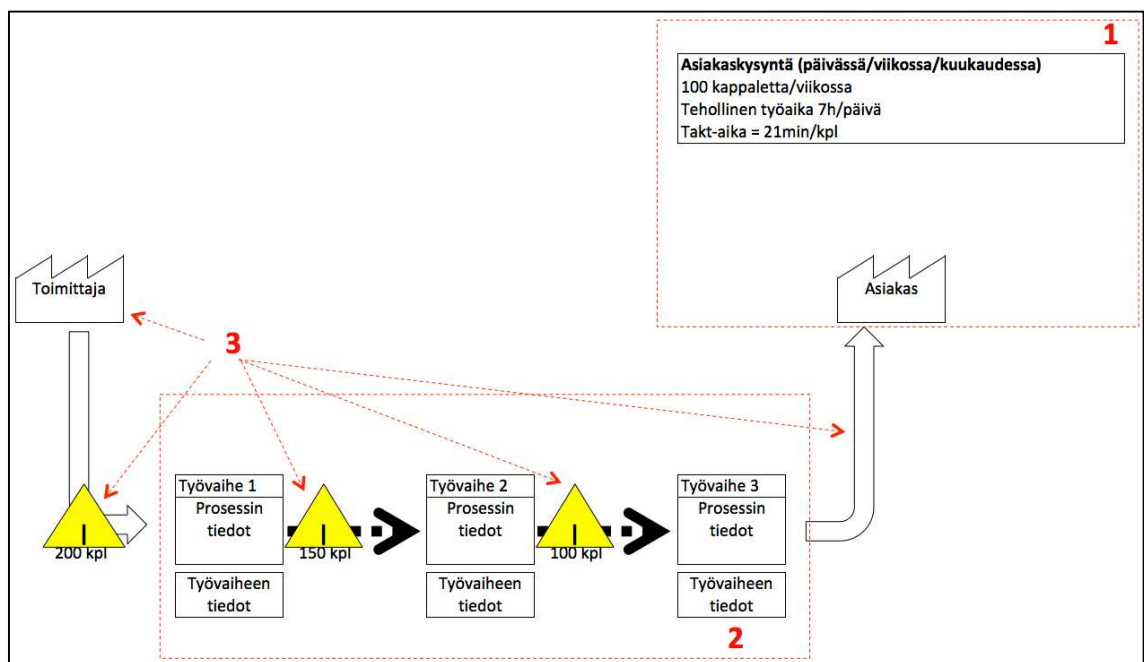
Toiminnot voidaan jakaa kolmeen tehtävään, jotka ovat ongelmanratkaisu, informaation välitys sekä fyysinen muunnostyö. Ensimmäinen tehtävä pitää sisällään tien konseptista yksityiskohtaisen suunnittelun kautta tuotannon aloittamiseen. Toinen tehtävä kulkee tilauksen vastaanottamisesta yksityiskohtaisen aikataulutuksen kautta toimitukseen ja kolmas tehtävä tarkoittaa raaka-aineiden muuttamista lopputuotteiksi. Koko arvovirran tunnistaminen jokaiselle tuotteelle tai tuoteryhmälle auttaa löytämään huomattavan määrän hukkaa. Arvovirta-analyysi paljastaa usein kolme erilaista toiminnan tyyppiä. Yksi luo arvoa, toinen hukkaa ja kolmas on arvoa tuottamaton, mutta välttämätön. [3, ss. 15-98]

Arvovirtakuvaus (VSM, value stream mapping) on tehokas visuaalinen apuväline tuotteen vaatimien materiaali- ja informaatiovirtojen esittämiseen. Kuvauksen avulla pyritään tunnistamaan esiintyvää hukkaa ja ennen kaikkea sillä tuodaan esille arvoa lisäävän ajan suhde arvoa lisäämättömään aikaan. Näiden tietojen pohjalta resurssit voidaan kohdistaa eniten hyötyä tuottaviin kehitystoimenpiteisiin. [5, ss. 1-21; ss. 63-82] Yrityksen toimiala ja arvovirtaan sijoittuminen määrittelevät arvovirtakuvauksen laajuuden. Elektroniikan valmistuksen näkökulmasta arvovirran tarkastelu rajoittuu komponenttien toimittajista oman prosessin kautta asiakkaalle lähetettäviin toimituksiin.

VSM aloitetaan nykytilan kartoituksella, jolla havainnollistetaan lähtötilanne. Tämän pohjalta muodostetaan tulevaisuuden tilan kartta, josta käy ilmi millaiseen lopputulokseen pyritään ja miten se saavutetaan. Arvovirtakuvauksen avulla prosesseja suoraaviivastetaan, joka lyhentää läpimenoaikaa ja pienentää toiminnan kustannuksia. Kuvaus tuo nähtäville prosessin peräkkäiset vaiheet ja näihin oleellisesti liittyvät tiedot sekä koko prosessin mittarit. Kartan avulla nähdään miten informaatio virtaa, missä tapahtuu uudelleen työstämistä sekä missä saattaa esiintyä laatuongelmia. VSM antaa siis laajan kokonaiskuvan prosessista ja sitä voidaan hyödyntää pullonkaulaprosessien sekä muiden kehityskohteiden tunnistamisessa. [5, ss. 1-21]

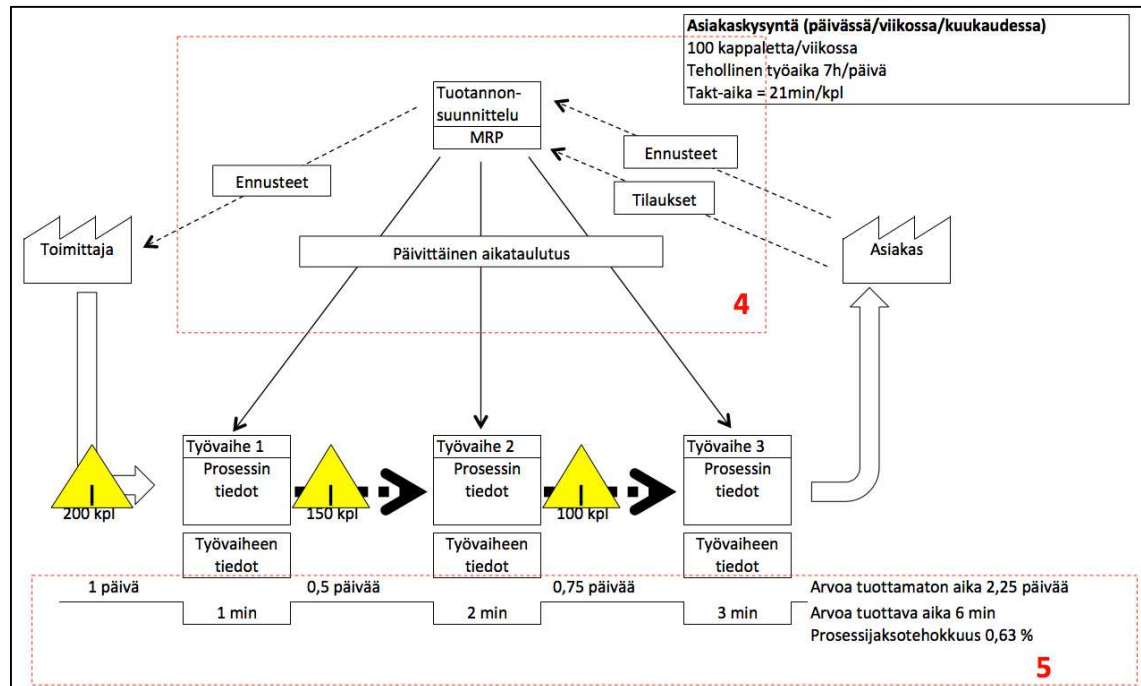
Arvovirran kuvaaminen kulkee prosessin loppupäästä kohti alkupäätä. Nykytilan karttaa varten kerätään prosessin todellisia tietoja, joiden avulla ongelmat tunnistetaan ja ratkaisut esitetään. Lisäksi prosessia tahdittavat tekijät sekä varastointiratkaisut määritellään ja tuotevalikoima tasoitetaan. Tulevaisuuden tilan karttaa varten tarvitaan seuraavia tietoja: sykli aika, tuotevaihtoaika, tuotantoerä koko, tuotevalikoiman laajuus, työntekijöiden määrä, pakkauskoko, tehollinen työaika, hukan määrä ja koneiden käytettävissä oleva aika sekä käyttöaste. VSM vaatii kokonaiskuvan kehittämistä sen sijaan, että tehtäisiin erillistoimenpiteitä yksittäisiin prosesseihin. [5, ss. 63-82]

Arvovirran kuvaaminen on monivaiheinen prosessi. Lean Six Sigma Academyn artikkelin Let's Create a Current State Value Stream Map [6] kuvauksen pohjalta on muodostettu kahteen kuvaan tiivistetty menettely. Kuvassa 3 on nykytilan kartan kuvaamisen kolme ensimmäistä vaihetta. Kuvaaminen aloitetaan asiakastarpeen määrittelemisellä kuvan kohtaan numero 1, josta johdetaan takt-aika eli tuotteiden valmistamisen rytmi. Takt-ajasta tarkemmin kappaleessa 5.1.3. Numerolla 2 on merkitty kuvaamisen toinen askel. Koko prosessin tarvitsemat työvaiheet merkitään näkyviin ja laatikoihin kirjataan työvaihetta ja tämän sisäistä prosessia kuvaavat tiedot. Prosessin tiedot sisältävät esimerkiksi operaattorien lukumäärän ja tiedon siitä, jos tuotteet prosessoidaan työvaiheessa siinä järjestyksessä kuin ne sinne tulevat. Työvaiheen tietoihin lisätään työvaiheen etenemiseen liittyviä tekijöitä. Näitä ovat esimerkiksi yhden tuotteen valmistamiseen käytettävän syklin aika, erän koko, tuotteen vaihto-aika, saanto ja koneen käyttöaste sekä niiden vuoron aikana käytettävissä oleva aika. Kuvaan lisätään vielä toimittaja ja prosessin kulkua ilmaisevat nuolet sekä välivarastot kappalemäärineen tai päiväriittoina ilmaisten. Suora nuoli työvaiheiden välillä kertoo työntöohjauksesta.



Kuva 3. Arvovirran kuvaamisen kolme ensimmäistä askelta [6]

Seuraavat vaiheet on merkitty kuvaan 4 numeroilla 4 ja 5. Päivittäinen aikataulutus jokaiselle työvaiheelle erikseen on hyvin yleinen tapa työntöohjaukseen perustuvassa tuotannonsuunnittelussa. Mahdolliset ennusteet ja asiakkailta tulevat tilaukset merkitään myös kuvaan sähköisinä tiedonsiirtoina. Lopuksi kuvan alareunaan lisätään varastoinnin ja muiden arvoa lisäämättömien toimenpiteiden ajat työvaiheiden välissä sekä työvaiheissa käytettävät ajat. Näistä tiedoista voidaan laskea prosessijaksotehokkuus eli arvoa lisäävän ajan suhde arvoa lisäämättömään aikaan.



Kuva 4. Arvovirran kuvaamisen kaksi viimeistä askelta [6]

Tutkimuksen [7] perusteella voidaan todeta, että arvovirtakuvauksen avulla läpimenoajan merkittävä lyhentäminen on mahdollista. Tässä tutkimuksessa oli kohteena metallialan yritys, joka toimittaa yli tuhatta eri tuotetta pienissä erissä. Tuotteet käyvät läpi niille ominaisen tuotantoprosessin. Tämä vastaa siis hyvin myös Xortec oy:n tuotantomallia.

Tutkimuksessa on lueteltu muutamia optimointitoimia, joilla tuotteen laatua voidaan parantaa ja toimitusaikaa lyhentää. Näitä ovat:

- Jokainen työpaja arvioi kuukausittaisen materiaalityöarvon ja välittää viikkotarpeen hankintatoimelle. Hankintatoimi tekee tilauksen yhdistetyn materiaalityöarvon perusteella.
- Strategisten kumppanuusien luominen toimittajien kanssa.
- ABC-analyysiin pohjautuvan varastoinnin hyödyntäminen, jossa materiaaleilla on erilaiset tilausprioriteetit luokkansa mukaisesti. A-materiaaleja hankitaan säännöllisesti tarve-eräkoon mukaisesti, B-materiaaleja hankitaan taloudellisen tilauseräkoon (EOQ, economic order quantity) mukaisesti varaston minimoimiseksi ja C-materiaaleja hankitaan taloudellisen tilauseräkoon mukaisesti ilman varmuusvarastoa.

- Sen sijaan, että tuotannonsuunnittelijat aikatauluttavat työt työpajoille myyntiosaston ennusteiden perusteella, tekevätkin he järkeviä aikataulutuksia pohjautuen tuotteiden vaatimaan tuotantotekniikkaan, teknologiaan ja markkinakysyntään.
- Laadunvalvonnan parantaminen, jottei tuotteita valmistettaisi vanhasta tottumuksesta.
- Osastojen välisen informaatio- ja logistiikkavirran parantaminen esimerkiksi kanban-järjestelmän avulla.
- Keskeneräisen tuotannon parempi hallinta: ohjeistukset, liikkeiden kirjaamiset, järkevä varastointi sekä säännölliset tarkastukset.
- Palkanmaksun perusteeksi valmistettu kappalemäärä, joka rohkaisee työntekijöitä työskentelemään tehokkaasti laatua uhraamatta. Tämä vaatii kuitenkin tiukan laadunvalvontajärjestelmän.
- Nykyisen johtamistietojärjestelmän reformointi teknologisesti ja ideologisesti uudeksi järjestelmäksi.
- Arvovirtakuvausta tulee käyttää jatkuvasti, jotta parempia tuloksia saadaan aikaiseksi.

Tutkimuksessa tarkasteltiin yhden tilauksen valmistumista. Tuotantosunnitelman ja todellisten prosessointiaikojen välillä huomattiin tietyissä työvaiheissa suuriakin poikkeamia. Nykytilan kartan avulla löydettiin parannuskohteita, joiden perusteella tulevaisuuden tilan kartta muodostettiin. Kehitystoimien avulla hionta-aika lyhenyi 79 prosenttia ja välineiden käyttöaste sekä tuotantokapasiteetti kasvoivat 377 prosenttia. Näin ollen odotusajat lyhenivät merkittävästi ja tuotantosykli nopeutui 21 päivästä yhdeksään päivään eli 57 prosenttia.

4 TURHAN TYÖN VÄHENTÄMINEN

Edellisen luvun perusteella arvoa tuottamaton työ on turhaa työtä, josta asiakas ei ole valmis maksamaan. Tämän takia turhaa työtä tulee pyrkiä vähentämään jokaisessa prosessissa. Tämän luvun alussa käydään läpi hukan eri komponentit ja esitellään niihin liittyviä ominaispiirteitä. Toisessa kappaleessa käsitellään lyhyesti viiden kohdan siisteysohjelma, jonka avulla työympäristö voidaan siistiä ja ennen kaikkea pitää siistinä. Tämän jälkeen siirrytään standardityön määrittelyyn ja sen merkitykseen tuotannon yhdenmukaisuudessa. Kappaleessa neljä käydään läpi virheiden ehkäiseminen jidokan ja poka yoken avulla ja viimeisessä kappaleessa perehdytään visuaaliseen ohjaukseen ja tähän liittyviin mittareihin.

4.1 Hukan tunnistaminen – Muda, muri, mura

Taiichi Ohno (1912-1990), joka toimi johtajana Toyotalla, tunnetaan hänen taistelustaan hukkaa vastaan. Hän tunnisti seitsemän hukan lajia, mudaa, johon on myöhemmin lisätty vielä yksi laji. Hukan lajeja voi näiden lisäksi olla kuinka paljon tahansa, mutta niiden määrä ei ole pääasia. Tärkeintä on tiedostaa se, että hukkaa esiintyy kaikkialla. Koska hukkaa on joka puolella, niin henkilöstön koulutusta tämän tunnistamiseen tarvitaan organisaation jokaisella tasolla. Hukka tarkoittaa mitä tahansa toimintoa, joka käyttää resursseja, mutta ei lisää tuotteeseen arvoa. Tällaisia ovat esimerkiksi

- virheet, jotka vaativat korjausta
- tuotteiden valmistaminen, joita kukaan ei halua, jolloin varasto kasvaa
- työvaiheet, joita ei tarvita
- työntekijöiden turhat liikkeet ja tuotteiden tarpeettomat kuljetukset
- odottamiset, kun osia tai komponentteja ei toimiteta oikeaan aikaan työpisteelle
- tuotteet, jotka eivät vastaa asiakkaiden tarpeita [3, ss. 15-98; 4, ss. 27-39]

Leanin kantava teema liittyy kaiken hukan poistamiseen prosesseista. Mitä vähemmän hukkaa esiintyy, sitä enemmän tuotetaan asiakkaalle arvoa olemassa olevilla resursseilla. Tämän seurauksena valmistaja voi saada paremman katteen valmistamastaan tuotteesta, tai vaihtoehtoisesti se voi kilpailla paremmin hinnan avulla.

Hukka on jaoteltu kolmeen kategoriaan, jotka ovat japaninkielisiltä termeiltään muda, muri ja mura. Muda liittyy kaikkeen arvoa tuottamattomaan toimintaan, muri ja mura liittyvät prosessien sujuvuuteen. Muri on ihmisten ylikuormittamista tai heidän suorittamien työtehtävien järjettömyyttä. Sitä voidaan vähentää työvaiheiden

standardoinnilla. Mura tarkoittaa tuotannon epä säännöllisyyttä ja sitä voidaan vähentää tuotannon tasaamisen tekniikoilla. [1, ss. 113-127]

Muda tarkoittaa siis hukan eri lajeja, joihin voidaan sisällyttää jokainen yksittäinen hukka. Tällä hetkellä yleisessä käytössä olevat lajit ovat ylituotanto, yliprosessointi, ylimääräinen varasto, tavaroiden tarpeeton siirtäminen, turhat liikkeet, virheet, odottaminen ja ihmisten osaamisen hyödyntämättömyys.

Ylituotanto on mahdollisesti yleisin hukan laji tuotantoteollisuudessa. Kokoonpanolinjalle voidaan aiheuttaa ongelmia, kun tuotanto valmistaa enemmän kuin on sillä hetkellä tarvetta, nopeammin kuin on tarpeellista ja ennen todellista tarvetta. Näin kuitenkin tapahtuu, koska varaudutaan poissaoloihin, konerikkoihin ja laatuongelmiin. Ylituotantoa aiheuttaa myös pelko siitä, ettei muuten näytetä riittävän ahkerilta. Ylimääräisen valmistamisen huono puoli on, että se kasvattaa keskeneräisen tuotannon määrää, johon myös laatuongelmat peittyvät. Lisäksi se nostaa työvoimakustannuksia ja tuottaa virheellisen määrän lopputuotteita sekä aiheuttaa tarvittavien materiaalien ostomäärien kasvattamista. Yksikkökustannusten tai tuottavuuden tarkastelu vain yhdestä näkökulmasta aiheuttavat myös ylituotantoa. Yksikkökustannusten laskiessa tuotannon määrän noustessa on usein loogista valmistaa enemmän. On kuitenkin mahdollista, että yli tarpeen valmistetut tuotteet jäävät käyttämättä, vanhenevat ennen käyttöä tai ainakin vievät arvokasta varastotilaa. Tuottavuuden näkökulmasta voidaan saada valmistettua hyvin paljon tuotteita, mutta tämä voi kostautua prosessin seuraavissa vaiheissa. Tuotanto kuormittuu alavirrassa, kun ylävirran tuottavuutta on näennäisesti parannettu osaoptimoimalla prosessia. [4, ss. 27-39; 8, ss. 129-178]

Yliprosessoinnilla tarkoitetaan resurssien tarpeetonta käyttämistä prosessin aikana. Yliprosessointia tapahtuu, jos tuotteen valmistamiseen käytetään kalliimpia resursseja kuin olisi tarvetta tai tuotteeseen lisätään sellaisia ominaisuuksia, joista asiakas ei ole valmis maksamaan. Tämä taas kannustaa ylituotantoon, jotta yksikkökustannus saataisiin pienemmäksi. Yliprosessointia tapahtuu useimmiten työstävissä työvaiheissa kuten hionnassa tai kiillotuksessa, koska voi olla vaikea arvioida milloin työvaihe on riittävän hyvin tehty. Voi olla myös tilanteita, joissa esimerkiksi työvaiheiden välillä joudutaan suojaamaan komponentit ja työvaiheen aikana ottamaan tämä suoja pois. Tästä johtuva yliprosessointi voidaan välttää siten, että työvaiheet järjestetään peräkkäin ja tuote liikkuu työvaiheesta toiseen ilman välivarastointia. [4, ss. 27-39; 5, ss. 1-21]

Ylimääräinen varasto tarvitaan usein tehottomien prosessien ja epäluotettavan varastonhallinnan takia. Varastointi vaatii kuitenkin tilaa, joka aiheuttaa kustannuksia. Se myös peittää ja siirtää ongelmia, jotka pitäisi pikemminkin nostaa esille ja ratkaista heti toiminnan suorituskyvyn parantamiseksi. Lisäksi ylimääräinen varastointi pidentää läpimenoaika. Turhan varastoinnin vähentämisellä saavutetaan suuret kustannussäästöt. [4, ss. 27-39; 5, ss. 1-21]

Tavaroiden tarpeeton siirtäminen prosesseissa tai prosessien välillä luo turhia kustannuksia eikä se lisää tuotteeseen arvoa. Turha käsittely lisää myös vahingoittumisriskiä sekä mahdollistaa laadun heikkenemisen. On huomattava, että hukka aiheuttaa hukkaa, sillä ylituotanto aiheuttaa usein turhia siirtoja, koska suuremmalle tuotantoerälle pitää tehdä tilaa. Siirrot aiheuttavat kustannuksia, sillä ne vaativat aina ihmis- tai konetyövoimaa sekä usein myös hallinnollisia paperitöitä. Edellisiäkin kohtia turhempaa on, jos siirtojen aikana tehdään lisäksi muita arvoa lisäämättömiä työvaiheita. [4, ss. 27-39; 5, ss. 1-21; 8, ss. 129-178]

Turhilla liikkeillä tarkoitetaan niin ihmisten kuin koneiden liikkeitä. Turhat liikkeet saattavat aiheuttaa tavaroiden vahingoittumista, ihmisten väsymistä, koneiden kulumista sekä vaaratilanteita. Turhia liikkeitä voidaan välttää ottamalla työpisteitä suunniteltaessa huomioon työntekijä, joka siinä tulee työskentelemään. Jotta työergonomia olisi paras mahdollinen, tulisi turhaa liikkumista olla mahdollisimman vähän. Vältettäviä liikkeitä ovat esimerkiksi turhat askeleet, välineiden siirtämiset, kurkottelut sekä osien ja välineiden etsimiset. Heikko visuaalinen ohjaus, lattiatason layout sekä epälooginen työjärjestys aiheuttavat myös turhaa liikkumista. Materiaalinkäsittelijöiden materiaalien tuominen työpisteille on sekin turhaa liikkumista, mutta varsin usein pakollista. Joissain tapauksissa erillisiä käsittelijöitä ei tarvita, jos materiaali tuodaan suoraan työpisteelle toimittajan toimesta. [4, ss. 27-39; 5, ss. 1-21; 8, ss. 129-178]

Virheiden tekeminen on resurssien tuhlaamista. Kustannuksia aiheuttavat uudelleen tekeminen ja romutukset sekä niihin liittyvät varastointi, tarkastaminen, uudelleen aikatauluttaminen ja kapasiteetin tuhlaus. Virheet johtuvat usein epäsiisteydestä, heikosta tuotannon virtauksesta ja lattiatason layoutista, koulutuksen puutteesta, epätarkoista ohjeista ja työn standardoimattomuudesta sekä kyvyttömyydestä pitää ihmisiä vastuussa jatkuvista virheistä. Huonosti tehdyt tuotteet voivat aiheuttaa kohtuutonta harmia tuotantoympäristölle sekä asiakassuhteille. Virheet on syytä tunnistaa hyvissä ajoin, koska virheellisen työn tai osan takia lopputuote voidaan joutua romuttamaan kokonaan. Tällöin hylkytavara voi aiheuttaa muun tuotannon pysähtymisen, kun tuote joudutaan valmistamaan uudelleen. [4, ss. 27-39; 5, ss. 1-21]

Odottaminen on peräisin usein huonosta materiaalien ja informaation virtauksen suunnittelusta. Tällöin tuotantoprosessit eivät toimi samassa tahdissa. Odottamista esiintyy aina, kun tavarat eivät liiku tai niitä ei prosessoida. Suuri osa tuotteen läpimenoajasta koostuu seuraavan työvaiheen odottamisesta. Odotusaikaa aiheuttaa esimerkiksi osien puuttuminen, työn sisällön epätasapaino, epätasälliset menetelmät, pitkät asetusajat, huonot työvälineet, heikko kommunikaatio sekä hylkytavara. Useissa tapauksissa odottamista tapahtuu myös siksi, että organisaatioon on saatettu hankkia laite, joka ei vastaa riittävän hyvin tarvetta. On voitu valita kustannussäästöjen ajamana halvempi laite, joka voikin vikaantua herkemmin kuin kalliimpi vastaava tai sillä ei ole

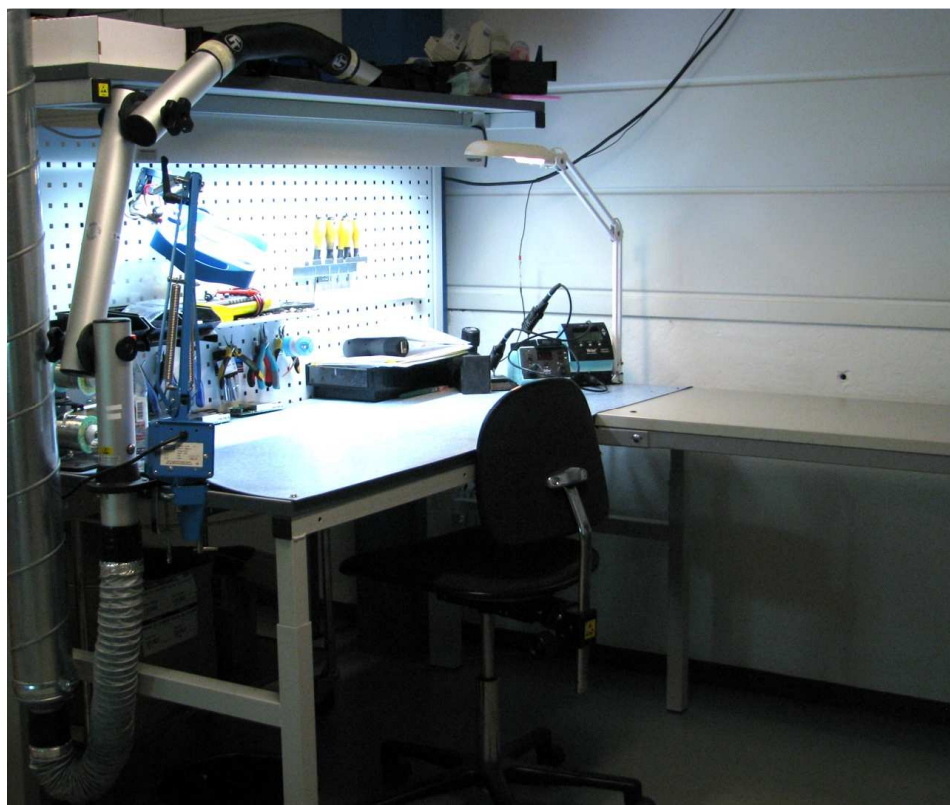
kykyä palvella tehokkaasti käyttäjäkuntaa, vaan työntekijät joutuvat odottamaan vuoroaan tai etsimään toista laitetta muualta. [4, ss. 27-39; 5, ss. 1-21; 8, ss. 129-178]

Ihmisten osaamisen hyödyntämättömyys on tuhlausta, koska työntekijöillä on huomattava tietomäärä ja taitoja, jotka tulisi tunnistaa ja valjastaa käyttöön. Laatuongelmia syntyy ja tehottomuutta esiintyy, jos työntekijä asetetaan työpisteeseen, joka ei hänelle sovi tai jossa hän todennäköisesti tekee virheitä. [4, ss. 27-39]

4.2 Siisteyttä 5S-ohjelmalla

Siisteys on tärkeä tekijä työympäristössä. Asiakkaan kokema ensivaikutelma on merkittävästi parempi, kun ympäristö on siisti ja hyvin organisoitu. Jos työskentelyalueet ovat likaiset, epäjärjestyksessä ja visuaalisesti epämiellyttäviä, voi asiakas tulkita sen siten, että yrityksestä ei haluta pitää huolta. Joidenkin mielestä tuotannon kuuluu olla likaista ja sitä ei muuksi muuteta, mutta sitä sen ei missään tapauksessa tarvitse olla. Tähän oletukseen pyritään vaikuttamaan 5S-ohjelmalla. [4, ss. 27-39]

5S-ohjelmalla saadaan usein huomattava määrä lisätilaa käyttöön ja samalla työn tekemisestä tulee mielekkäämpää ja sujuvampaa, kun tarvikkeet ja materiaalit löytyvät oikeilta paikoiltaan. Myös liikkumisesta tulee turvallisempaa. Kuvassa 5 on esimerkki työn päätteeksi siistitystä työpisteestä. Työn jatkaminen on mielekkäämpää tällaisella pisteellä, kuin tilanteessa, jossa tarvikkeet olisivat sekaisin pöydällä.



Kuva 5. Xortecin tuotannossa työn päätteeksi siistitty työpiste

5S on viiden kohdan siisteysohjelma, joka muodostuu japaninkielisistä sanoista seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Nämä ovat käännetty englanninkielelle sanoiksi sorting, straightening, sweeping, standardizing ja sustaining. Ohjelma perustuu siis lajitteluun, järjestämiseen, siistimiseen, standardointiin ja ylläpitoon.

Lajitteluvaiheessa käydään läpi työkalut, materiaalit sekä tarvikkeet ja ohjeet, joita töiden tekemiseen tarvitaan. Tavaraa kertyy ajan myötä, jos asiaan ei kiinnitetä huomiota ja asteittain tiloista muodostuu hyödyttömien tavaroiden varastoalue. Vaikka lajittelua voidaan tehdä kokemuksen perusteella, niin tavaroiden merkitseminen lapuilla voi olla hyödyllistä. Lappuihin voidaan kirjata päivämäärä aina, kun tavaraa käytetään. Tämän perusteella lajittelu voidaan tehdä usein tarvittavien, toisinaan tarvittavien ja tarpeettomien ryhmiin. Usein tarvittavat on syytä olla käytettävissä työpisteillä, mutta toisinaan tarvittavat voidaan siirtää pois niiltä. Tarpeettomista tavaroista on syytä hankkiutua eroon. Muutoin on hyvin todennäköistä, että työn tekemiseen käytetään esimerkiksi vääriä komponentteja tai vanhoja ohjeita. [4, ss. 27-39; 8, ss. 129-178]

Järjestämisvaiheessa edellisessä kohdassa jäljelle jääneet tarpeelliset tavarat järjestetään siten, että jokaiselle osoitetaan oma paikkansa ja tarpeen mukaan merkitään niiden tarvittava määrä. Lattialla olevat tavarat tulee merkitä värikoodein ja tunnistetiedoin. Useimmin tarvittavat välineet sijoitetaan siten, että ne ovat helposti käytettävissä. Toisinaan tarvittavien tarvikkeiden osalta pitää päättää montako kappaletta, miten ja missä säilytetään. Varastoitavat on syytä merkitä selkeästi helpottamaan myöhempää käyttöä. [4, ss. 27-39; 8, ss. 129-178]

Siistimisellä ei tavoitella ainoastaan ulkonäöllisesti moitteetonta työympäristöä vaan sen avulla pyritään ehkäisemään vahinkojen ja loukkaantumisten tapahtumista. Työvälineiden kunnossapito pidentää niiden käyttöikää ja mahdollistaa oikeanlaisen käytön. Likaiset työ- ja säilytystilat voivat aiheuttaa lisäksi vaurioita ja kosmeettisia virheitä tuotteiden materiaaleihin. Epäsiisteissä tiloissa voi tuotteeseen päästä myös sinne kuulumattomia materiaaleja, jotka voivat aiheuttaa jopa tuotteen hajoamisen. Siistiminen voidaan tehdä esimerkiksi jokaisen työvuoron päätteeksi. [4, ss. 27-39]

Standardoinnilla tarkoitetaan kirjallista ohjeistusta, jolla 5S-ohjelmaa pystyy jokainen noudattamaan. Siistimis- ja järjestysvaatimukset tulee olla kaikilla työpisteillä selkeästi näkyvillä. Myös työpisteet voidaan standardoida, jos niillä tehdään samoja työtehtäviä. Tällöin työntekijälle ei ole merkitystä millä työpisteellä hän työskentelee, koska välineet löytyvät aina samoista paikoista. Jotta työn tekeminen olisi mahdollisimman tehokasta, tulee kaikilla olla mahdollisuus päivän aikana järjestellä tavaroita. 5S-ohjelman pitää muodostua tavaksi. [4, ss. 27-39]

Ylläpitoon liittyy sisäiset auditoinnit, joilla pyritään takaamaan 5S-ohjelman jatkuvuus. Muutos ei ole koskaan helppoa, jolloin ohjelman ylläpito on suuri haaste. Jos

ohjelman toteutumista ei seurata millään tavoin, on hyvin todennäköistä, että palataan lähtöpisteeseen. Ohjelman toteutumista voidaan tehostaa työntekijöiden välisellä kilpailulla, jossa parhaimpia suorittajia palkitaan pienimuotoisesti. Ylläpidon ohella pitää etsiä parempia toimintatapoja. Kun uusi työtapo tai –väline löytyy, 5S-ohjelman ensimmäiset neljä kohtaa käydään läpi ja tehdään tarpeelliset muutokset. [4, ss. 27-39]

4.3 Standardityö

Standardityö on tietyllä ajan hetkellä paras, tehokkain, turvallisin ja käytännöllisin tapa suorittaa työtehtävä. Standardin määrittelyn avulla saadaan vähennettyä epätietoisuutta käytettävistä työmenetelmistä. Standardoitujen menetelmien käyttöön otossa on henkilöstön koulutuksen tarve merkittävä.

Standardoinnin ja dokumentoinnin avulla pyritään siihen, että työ tehtäisiin aina samalla tavalla jokaisen työntekijän toimesta. Dokumentoitu menetelmä ei jätä mitään sattuman varaan ja se takaa, että työ tehdään asianmukaisesti. Prosessiin saadaan siis stabiilisuutta ja ennustettavuutta. Jos poikkeamia esiintyy, niin ongelma pystytään tunnistamaan ja ratkaisemaan helposti. Virheiden sattuesssa voidaan tarkistaa onko standardia noudatettu. Jos sitä on noudatettu, niin prosessia on syytä parantaa. Standardityön määrittely ei siis tarkoita lopullisen parhaan ratkaisun löytymistä vaan jatkuvan parantamisen mukaisesti myös standardia tulee kehittää. Prosessin kehittäminen on mahdollista vasta, kun se on standardoitu. Tehokkaamman menetelmän löytyessä, tehdään dokumentaatioon muutoksia uudeksi standardiksi. Standardoitavia asioita ovat esimerkiksi

- työtehtävän sisältö ja sen ohjeistus
- vaaditut laatuvaatimukset
- laitteiden turvallisuusvaatimukset ja toimintatavat
- reittiohjeistukset
- koneiden käyttöohjeet [4, ss. 27-39; 8, ss. 129-178]

Standardityön etuna on sen mitattavuus. Operaattoreiden ja toimintojen arviointi on helppoa, koska standardityö on yksinkertaistettu menetelmä työn tekemiseksi. Kun standardimenetelmä on käytössä, ohjeiden antaminen sekä henkilöstön kouluttaminen on vaivatonta. Sen ansiosta jokainen pystyy myös tunnistamaan virheellisen prosessin. Standardin toteutumista voidaan seurata ja valvoa sisäisten auditointien avulla. [4, ss. 27-39]

Pienen volyymin tuotannossa ei ole tarkoituksenmukaista standardoida yhtä paljon kuin suuren volyymin tuotannossa. Alla on lueteltu vaihtoehtoja miten standardointia voidaan tehdä pienen volyymin tuotannossa:

- Valitaan 20 prosenttia parhaimman menekin nimikkeistä ja laaditaan standardimenetelmä jokaiselle kategorialle
- Ryhmitellään nimikkeet tuoteperheiksi yhteisten prosessiaskelien perusteella ja laaditaan standardimenetelmä jokaiselle tuoteperheelle

- Laaditaan yleiset standardimenetelmät asetuksien tekemiseen, tarkastuksille ja kokoonpanoille
- Jaetaan työvaiheet työelementeiksi ja ryhmitellään ne. Määritetään elementeille standardimenetelmä ja -aika. Kerätään tietokantaan tiedot elementeistä ja linkitetään ne nimikkeisiin. Nimikkeitä valmistettaessa työohje koostuu nimikkeen vaatimista elementeistä [9, ss. 65-82]

Standardimenetelmiä voidaan ottaa käyttöön myös sitä mukaa, kun ongelmia esiintyy. Jos esimerkiksi väärän työjärjestyksen tuloksena syntyy laatuongelmia tai jokin työvaihe unohtuu, niin menetelmä on syytä kehittää. Tapauksissa, joissa työ tehdään kahden eri tekijän toimesta eri tavoilla tai löydetään tehottomia työtapoja, kannattaa standardointi tehdä. Myös uusien laitteiden hankinnan yhteydessä on syytä laatia standardiohje sen käyttämiselle. [9, ss. 65-82]

4.4 Virheiden ehkäiseminen

Lean-toiminnassa on tärkeää tehdä asiat kerralla oikein. Virheitä voi tapahtua niin ihmisille kuin koneille ja niitä aiheuttavat syyt on korjattava heti niiden ilmaantuessa. Tällä tavoin tuotantoa pyritään jatkamaan ilman pelkoa siitä, että sama virhe uusiutuisi myöhemmin. Jos virheisiin ei kiinnitetä huomiota, niin viallisia tuotteita syntyy jatkuvasti. Jatkuvat viat aiheuttavat huomattavasti enemmän turhia kustannuksia kuin tilanne, jossa laitteisto pysäytetään hetkeksi ja ongelma korjataan. Virheiden ehkäisemiseen liittyy japaninkieliset termit jidoka ja poka yoke. Jidoka tarkoittaa koneiden niin sanottua älykästä automaatiota ja poka yoke liittyy inhimillisten virheiden ehkäisemiseen.

Jidoka on TPS:n yksi peruspilareista. Jidokasta käytetään myös nimitystä autonomaatio ja se eroaa perinteisestä automaatiosta siten, että laitteistoon on rakennettu virhetilanteita tunnistavia sekä ylituotantoa estäviä mekanismeja. Virheiden tapahtuessa laitteisto lopettaa itsenäisesti toimintansa. Tällainen mekanismi estää virheellisten kappaleiden jatkuvan valmistamisen, jolloin virheen tuottaneeseen ongelmaan täytyy etsiä ratkaisu ennen kuin toimintoa voidaan jatkaa. Automaattinen pysäytystoiminto mahdollistaa sen, että yksi henkilö pystyy operoimaan useampaa laitetta yhtäaikaaisesti. Käytännön esimerkki jidokasta löytyy Toyotan tuotannosta. Tuotantolinja liikkuu vakionopeudella ja työvaiheiden välillä on paineentunnistava matto. Jos työntekijä ei ehdi tekemään työvaihettaan ajoissa loppuun, hän joutuu astumaan matolle ja linja pysähtyy. Huomio kiinnittyy tällöin hänen alueelleen, jolloin työajan riittämättömyyden aiheuttava ongelma voidaan ratkaista. [5, ss. 205-219; 8, ss. 129-178]

Automaattisen pysäytyksen lisäksi jidokaan liittyy esimerkiksi linjan pysäytys operaattorin toimesta. Tuotantolinjan yläpuolella voi kulkea johdin, josta vetämällä linjan saa pysäytettyä. Tämä vaatii luonnollisesti valtuudet tällaisen päätöksen tekemiseen, jotta ongelmaan voidaan perehtyä. Linjan pysäytyksen yhteydessä

käytetään usein merkinantojärjestelmää, andonia, jolla viesti ongelmista välitetään muiden tietoon. Usein tällä välitetään merkki avuntarpeesta tiimin johtajalle. Merkki ilmaisee millä tietyllä työpisteellä ongelmia on esiintynyt. Linjan pysäyttäminen ja ongelmien ratkaiseminen samalla hetkellä voi tuntua vaikealta, mutta se on tehokas ja nopea tapa löytää ongelman juurisyy. [5, ss. 205-219; 8, ss. 129-178]

Poka yoke tarkoittaa mitä tahansa tapaa, jolla voidaan välttää työvälineen tai –koneen käyttäjän tahattomia virheitä tuotantoprosessin aikana. Poka yoken avulla joko estetään virheiden tapahtuminen tai tehdään virheet yhdellä silmäyksellä näkyviksi. Ratkaisut, joita pyritään käyttämään ovat edullisia, tehokkaita ja ne perustuvat yksinkertaisuuteen sekä kekseliäisyyteen. Näiden ratkaisujen avulla prosessia saadaan tehostettua ja hukkaa vähennettyä. Virheiden ehkäisemisen tärkeyttä voidaan havainnollistaa siten, että yhden euron arvoisessa tilauksessa virheen havaitseminen laskutusvaiheessa aiheuttaa kymmenen euron kustannuksen ja asiakkaan havaitsemana kustannus nousee sataan euroon. [8, ss. 129-178]

Virheiden ehkäiseminen voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, jotka ovat kontaktin avulla tapahtuva, kiinteää arvoa hyödyntävä sekä liikkeen tunnistava menetelmä. Kontaktilla tarkoitetaan tuotteen fyysistä muotoa, jolla virheet voidaan esimerkiksi asennusvaiheessa välttää. Tuote voidaan asentaa tällöin vain tietyssä asennossa. Tämä voidaan toteuttaa koon, muodon ja värin yhdistelmillä. Kiinteän arvon avulla tunnistetaan, että oikea määrä tarvikkeita tai materiaaleja on käytettävissä. Esimerkiksi kennolevyissä on tietty määrä paikkoja, jolloin puutteet nähdään tyhjiä paikkojen muodossa. Liikkeen tunnistaminen toimii automaattisesti ja sillä varmistetaan, että työntekijä on tehnyt työn oikeassa järjestyksessä tai ottanut oikean määrän komponentteja esimerkiksi katkaisten valonsäteen kulun riittävän monta kertaa. Myös työpisteen alusta voi olla tunnistimin varustettu, jolloin työntekijän on oltava tietyssä kohdassa työn suorittamisen aikana. [8, ss. 129-178]

4.5 Visuaalinen ohjaus ja mittarit

Poikkeamia ja ongelmia esiintyy päivittäin riippumatta siitä, kuinka kehittyneitä prosessit ovat. Näiden tunnistaminen ajoissa on tärkeää, jotta työtä pystytään tekemään keskeytymättä ja ilman suurempia vaikutuksia lopputuotteiden määrään. Visuaalisen ohjauksen käyttäminen on oleellista liiketoiminnan seuraamisessa. Visuaalisuus perustuu siihen, että tuotantoprosessin tiedot ovat selkeästi henkilöstön nähtävissä. Tällöin ne ovat nopeasti tunnistettavissa ja niihin voidaan reagoida. Esimerkiksi turvallisuustilanne, tuottavuus, tuotannon tilanne ja laatu pitäisi olla koko ajan esillä. Tietoja voidaan esittää useilla eri tavoilla, mutta tärkeää on pitää esillä myös tietyille linjalle tai alueelle ominaisia kriittisiä tietoja. Hyviä visuaalisen ohjauksen piirteitä ovat:

- Jokaiseen mittariin on määritetty vastuussa oleva henkilö tai ryhmä
- Ilmaisee selkeän tavoitteen ja tähtää tiettyihin parannuksiin
- Mittari arvioidaan säännöllisesti asianomaisen johtajan toimesta

- Helppo lukea, tulkita ja ylläpitää
- Kaikki ymmärtävät miten tunnusluvut lasketaan
- Ilmaisee selkeästi mitkä arvovirrat, tuotteet ja alueet vaikuttavat mittariin
- Jokainen ymmärtää nykyiset toimenpiteet, toiminnan tilan sekä vaadittavan suoritustason [4, ss. 41-55; 9, ss. 1-27]

Visualisointi on tärkeä reaaliaikaisen johtamisen aloituspiste. Jos tuotantojärjestelmän tilaa ei pystytä ymmärtämään selkeästi ja nopeasti, niin resurssien priorisointi on vaikeaa. Yksinkertainen visualisointi auttaa harjaantumaan hukan havaitsemiselle tai se vähintään herättää kysymyksiä juurisyiden selvittämiseksi. Yritykset mittaavat usein vain taloudellisia tunnuslukuja organisaation ylätasolla, mutta visualisoidut mittarit toimivat paremmin kehityksen ajureina. Visuaalisen ohjauksen avulla saadaan käsitys nykytilasta reaaliaikaisesti. Visualisoinnilla on eri muotoja kuten liiketoiminta- tai projektisuunnitelma, standardoitu työ, aikataulut, tuotannon tehokkuuden kuvaajat, arvovirtakartat, andon-signaalit ja niin edelleen. Jos visuaalisen ohjauksen menetelmiä ei viedä tuotantotasolle saakka, niin turhaa aikaa on käytetty alusta alkaen. Visuaalinen ohjaus

- auttaa ihmisiä tietämään missä he ovat
- korostaa tärkeitä viestejä ja sääntöjä turvallisuuteen ja terveyteen liittyen
- auttaa ihmisiä löytämään tarvitsemansa tarvikkeet
- havainnollistaa, kun tarvikkeet eivät ole paikoillaan
- auttaa havaitsemaan virheet ja kertoo mitä silloin pitää tehdä
- ilmaisee suorituskyvyn tilan henkilöstölle ja vierailijoille
- auttaa värikoodein ehkäisemään virheitä ja onnettomuuksia
- nostaa hukan näkyville [8, ss. 129-178; 9, ss. 1-27]

Mittarit ovat tarkoitettu mittaamaan prosessia ja sen kehittymistä. Ne perustuvat usein laatuun, tuottavuuteen, kustannuksiin, toimitukseen, kannattavuuteen ja turvallisuuteen. Ennen visuaalisen ohjauksen käyttöönottoa on varmistettava, että käytetään oikeanlaisia mittareita toiminnan kehittämistä varten. Kaikki mittarit ohjaavat käyttäytymistä ja väärät mittarit voivat aiheuttaa negatiivisia tuloksia. Taloudellisen suorituskyvyn mittarit perustuvat yleensä historiatietoon toisin kuin ei-taloudelliset, joita voidaan mitata reaaliaikaisesti. [9, ss. 1-27]

Usein suorituskyyä opetetaan mittaamaan jonkin tavoitteen kuten laadun, varastotason, asiakaspalvelun, liikevoiton, työvoiman tehokkuuden, kiinteiden kustannusten ja koneiden käyttöasteen suhteen. On kuitenkin vaarana, että yhden mittarin tehostaminen vaikuttaa heikentävästi toiseen. Tämä aiheuttaa helposti hämmennystä niin työntekijöiden kuin johtohenkilöiden parissa. Lean-toiminnassa sen sijaan mittarien avulla keskitytään parantamaan materiaalien ja informaation virtaa tietäen, että se parantaa suorituskyyä. Suositeltavia, lean-filosofiaa tukevia, mittareita ovat

- $ensisaanto = \frac{\text{korjausta tarvitsemattomat tuotteet}}{\text{kokonaistuotanto}}$
- korjauksiin ja romutuksiin liittyvät työvoiman ja materiaalien kokonaiskustannus eli laaduttomuuden kustannus
- $tuottavuus = \frac{\text{minuuttia}}{\text{osa}}$
- $tuottavuus = \frac{\text{kappaletta}}{\text{tunti}}$
- laitteiston kokonaistehokkuus = käyttöaste * suorituskky * laatu
- $asiakaspalvelu = \frac{\text{toimitusajan puitteissa toimitettujen ydintuotteiden määrä}}{\text{kokonaiskysyntä}}$
- $asiakaspalvelu = \frac{\text{toimitusajan puitteissa toimitettujen huolto-osien määrä}}{\text{kokonaiskysyntä}}$
- $varaston riitto = \frac{\text{varaston arvo}}{\text{keskimääräinen päivämyynti}}$
- poissaoloja aiheuttavien tapaturmien lukumäärä
- tapaturmien tai ensiapuhoitojen lukumäärä [9, ss. 1-27]

Laitteiston kokonaistehokkuus (OEE, overall equipment efficiency) on yksi tärkeimmistä lean-toiminnassa käytettävistä mittareista. Laitteiston suorituskyyvyn tietäminen on kriittistä, kun halutaan kasvattaa prosessin tuottoa. Useat yritykset mittaavat erikseen käyttöastetta, suorituskkyä ja laatua. Esimerkiksi 75 % käyttöaste, 80 % suorituskky ja 90 % laatu eivät sellaisinaan ole kovinkaan huolestuttavia lukuja, mutta yhdistettynä ne kertovat siitä, että tuotanto onnistuu virheettömästi 54 % ajasta. Tämä mittaustapa on OEE:n perusta ja se sisältää kaikki hävikit, joita prosessissa voi tapahtua. Kokonaistehokkuus voidaan esittää laajemmin yhtälön (1) muodossa.

$$OEE = \frac{\text{toteutunut käyttöaika}}{\text{suunniteltu tuotantoaika}} \times \frac{\text{suunniteltu sykli aika}}{\text{toteutunut sykli aika}} \times \frac{\text{virheettömät tuotteet}}{\text{kokonaistuotanto}} \quad (1)$$

OEE on standardoitu mittaustapa, joka ei salli mittausta suorittavan henkilön vaikutusmahdollisuutta lukuihin. OEE:n laskemisen avulla huomio kiinnittyy niihin prosesseihin, joissa kehitysmahdollisuudet ovat merkittävimmät. Pienen volyymin tuotannossa esiintyvät useat tuotevaihdot aiheuttavat laitteiston matalan käyttöasteen ja vaihtojen aikana tapahtuva hukkatuotanto alentavat suorituskkyä. Tästä syystä laitteisto nousee nopeasti huomion kohteeksi. Taulukossa 1 on listattu tekijöitä, jotka vaikuttavat kokonaistehokkuuden heikentymiseen. [9, ss. 65-82; ss. 151-166]

Taulukko 1. Kokonaistehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä

Käyttöastetta heikentävät tekijät	Rikkoutumiset tai mitkä tahansa suunnittelemattomat huollot Tuotevaihdot ja asetukset Avun odottaminen Poissaolot tai muu tilanne, jossa operaattoria ei ole käytettävissä
Suorituskykyä heikentävät tekijät	Ajetaan tuotantoa hitaammalla nopeudella, kuin olisi mahdollista Suunniteltuja sykli-aikoja ei saavuteta Hidas materiaalien syöttö Toistuvat lyhyet pysäytykset
Laatuongelmien aiheuttama ajanhukka	Tuotannon ylösajon aikana Tuotevaihtojen aikana Normaalituotannon aikana

Laitteistojen kokonaistehokkuutta määritettäessä ja toimenpiteitä suunniteltaessa alhaisimman OEE:n saanut laitteisto ei välttämättä aina ole se, johon ensimmäisenä tulee kiinnittää huomiota. Toimenpiteissä tulee ottaa huomioon esimerkiksi pullonkaulat tai asiakaskysynnän muutosennusteet. [9, ss. 65-82; ss. 151-166]

5 ASIAKASTARPEESEEN VASTAAMINEN

Asiakastarpeen tyydyttäminen on liiketoiminnan jatkuvuuden kannalta ehdottoman kriittinen tekijä. Tyytyväinen asiakas on helpompi pitää asiakkaana kuin tyytymätön asiakas. Tuotantoprosessin tulee olla sellainen, että asiakkaalle pystytään tarjoamaan haluttu määrä tuotetta haluttuun aikaan ja halutulla laatutasolla. Tämän luvun sisältö koostuu tuotannon virtaukseen liittyvistä tekijöistä, tuotannon tasaamisen vaikutuksista, tuotevaihtojen nopeuttamisen merkityksestä ja pullonkaulateorian esittelystä.

5.1 Virtaava tuotanto

Turhan työn ja muiden arvoa lisäämättömien toimintojen eliminoinnin jälkeen on jäljelle jääneet, arvoa lisäävät, toiminnot saatava virtaamaan. Tehokkaan virtauksen luominen vaatii merkittävää muutosta ajatustasolla. On totuttu, että toiminnot jaetaan osastoihin, joissa tehdään vain tietynlaisia töitä. Tämän oletetaan olevan tehokkain mahdollinen tapa ja helpoiten hallinnoitavissa. Lisäksi työt voidaan ryhmitellä osaston sisällä jonkin yhteisen tekijän mukaan, jolloin esimerkiksi samanväriset tuotteet prosessoidaan yhdellä kerralla ja vaihto tapahtuu vasta erän valmistuessa. Erätuotanto aiheuttaa kuitenkin pitkiä odotusaikoja. On totta, että kyseinen tapa pitää työntekijät kiireisinä ja tuotantovälineet tehokkaasti koko ajan käytössä, joka oikeuttaa käyttämään hyvin nopeita välineitä. Leanin näkökulmasta tämä on kuitenkin täysin väärä tapa ajatella tehokkuutta. [3, ss. 15-98]

Valmistaminen juuri oikeaan tarpeeseen on virtauksen kannalta ensisijaista. Virtauksella pyritään pienentämään esimerkiksi varaston ylläpitoon liittyviä kuluja, jolloin pääomaa vapautuu yrityksen muuhun toimintaan. Kun JIT on oikealla tavalla hyödynnetty, voi organisaatio parantaa laatua, tehokkuutta ja investointiensa takaisinmaksua. Tehokas virtaus myös tasoittaa asiakastarvetta, koska asiakas tietää saavansa mitä haluaa juuri silloin, kun sitä tarvitsee. Näin ollen ei ole tarvetta tilata yhdellä kerralla ylimäärin tuotteita. JIT muodostuu imuohjauksesta, kanban-järjestelmästä sekä takt-ajasta. Lisäksi hyödynnetään solumuotoista tuotantoa virtauksen tehostamiseksi. Näiden avulla saadaan aikaiseksi yksiosainen virtaus.

5.1.1 Imuohjaus

Lean-tuotanto perustuu osien tai tuotteiden siirtämiseen seuraavaan työvaiheeseen imuohjauksella sen sijaan, että näitä työnnettäisiin vaiheesta toiseen. Työntöön perustuvassa järjestelmässä materiaalit aikataulutetaan prosessin käytettäväksi ennustetun kysynnän perusteella ja materiaalien vapautuessa käyttöön. Työntöohjaus on

siis ennakoiva, jolloin usein myös valmistetaan ylimääräistä varmuuden vuoksi. Tuotantoon välitetään tieto siitä mitä valmistetaan ja milloin valmistus aloitetaan eli mikä tuote ensin, mikä toisena ja niin edelleen. Tämä vaihe tehdään joka päivä, mutta se ei useinkaan ota kantaa esimerkiksi konerikkoihin, kadonneisiin materiaaleihin tai poissaoloihin. Työntöohjauksessa

- ohjeistukset tulevat tuotannonsuunnittelusta
- työt aikataulutetaan työntekijäkohtaisesti tietyn aloituspäivämäärän pohjalta
- kaikkien töiden oletetaan vievän juuri niin pitkään kuin on sallittu ilman yhtäkään vastoinikäymistä
- puskuria kerrytetään edellisen kohdan kompensatioksi, koska virheitä tapahtuu
- ylävirrassa jatketaan tuotantoa, vaikka alavirrassa tuotanto pysähtyy
- esiintyy paljon paperityötä
- valmistetaan ylimääräistä varmuuden vuoksi [5, ss. 221-235]

Imujärjestelmä ohjaa materiaalien virtaa tuotannon läpi todelliseen asiakastarpeeseen perustuen. Sen avulla pyritään estämään työvaiheiden ruuhkautuminen tarpeettomilla tuotteilla. Tuotantoon välitetään vain tieto siitä mitä valmistetaan ja mihin tilaukseen se kohdistuu. Tieto siitä, milloin valmistaminen tapahtuu tulee alavirrasta. Ilman imuohjausta on vaarana, että prosessia optimoidaan vain tietystä kohdasta tehokkuusvaatimustavoitteiden pohjalta. Tällöin alavirta voi joutua ongelmiin liian suuren työmäärän takia, joka aiheuttaa keskeneräisen työn lisääntymisen ja kapeikkojen syntymisen. Tämä johtaa lopulta läpimenoajan pidentymiseen. Imuohjauksessa

- tieto siitä mitä valmistetaan ja mikä tilaus on kyseessä tulee tuotannonsuunnittelusta
- vastaanottava työvaihe ei hyväksy viallisia osia tai tuotteita
- paperityötä ja tietokonetransaktioita on merkittävästi vähemmän kuin työntöohjauksessa [5, ss. 221-235; 8, ss. 129-178]

Imuohjauksen avulla saavutettavia etuja ovat lyhyempi toimitusaika, pienemmät varastokulut, nopeampi virheiden ja laatuongelmien havaitseminen, pienempi riski materiaalien vanhentumiselle, käsittelyn aiheuttamien vaurioiden väheneminen, pienemmät käsittelykulut, tilantarpeen väheneminen sekä liikkumiseen tarvittavan matkan lyhentyminen.

Varasto on usein valmistavissa yrityksissä kustannuksiltaan merkittävä. Sitä käytetään varmistamaan tuotannon käynnissäpysyminen ja yleinen uskomus on, että varasto toimii vakuutuksena. Siihen turvaudutaan siksi, että seuraavanlaiset ongelmat eivät aiheuttaisi tuotannon hidastumista:

- Laitteiston vikaantuminen, jolloin ylimääräistä on hyvä olla tehtynä

- Tietty määrä tuotannosta on aina viallista, jolloin ylimääräisen valmistaminen takaa riittävän määrän virheettömiä tuotteita
- Tavarantoimittajien epäluotettavien toimitusaikojen vaikutukset
- Kapeikko ei pysty prosessoimaan riittävää määrää tuotteita seuraaviin vaiheisiin
- Pystytään vastaamaan kysyntään, jota ei ole ennustettu [5, ss. 221-235]

Toinen uskomus varastoinnin tuoman vakuutuksen lisäksi on suurten tuotantoerien vaikutus vaihtoaikojen vähenemiseen. Jos esimerkiksi vaihtoihin kuluisi tunti ja yhden tilauksen prosessointiin puoli tuntia, niin kahdeksan tilauksen yhdistäminen perättäisiksi antaisi laitteiston käyttöasteeksi 80 prosenttia. Sen sijaan tuotannon tapahtuessa yksi tilaus kerrallaan käyttöasteeksi muodostuisi 33 prosenttia. Lisääntynyt vaihtotyö saattaisi aiheuttaa myös paljon hukkaa ajettaessa tuotantoa ylös, joka näkyisi tuotannon johdolle laitteiston alhaisena käyttöasteena. [5, ss. 221-235]

Vaikka leanin avulla on saavutettu useita etuja eri liiketoiminta-alueilla, niin se ei onnistu ilman ajoittaista järjenvastaista ajattelutapaa. Jos varastoa kasvatetaan ongelmien välttämisen toivossa, niin oikeastaan ne vain piilotetaan. Nämä ongelmat ovat hukkaa, jotka lisäävät kustannuksia ja pidentävät reagointiaikaa. Ongelmat pitää ratkaista sen sijaan, että ne piilotetaan tarpeettomaan varastoon. Varaston kokoa pienentämällä hukka nousee esille, joka ohjaa prosessien kehittämishankkeita. Kun prosesseja tehostetaan, niin varaston kokoa pystytään edelleen pienentämään. Varastolla pyritään usein peittämään ongelmia, joihin liittyy laitteiden heikko luotettavuus, prosessin vaihtelu, työntekijöiden ja työvälineiden joustamattomuus sekä riittämätön kapasiteetti. [5, ss. 221-235]

5.1.2 Tarpeen ilmaiseminen kanbanien avulla

Tarve tuotantoketjun edelliselle työvaiheelle toteutetaan leanissä usein kanbanin avulla. Kanban on alunperin ollut tietyn tarpeen ilmaiseva kortti, joka kulkee kahden eri pisteen välillä toistuvasti, mutta se voi olla nykypäivänä myös sähköposti tai faksi. Tarve voidaan välittää myös muilla tavoin kuten andonilla. Andon on signaali, esimerkiksi valo, joka vilkkuu vaikkapa varastopaikan täyttötarpeen ilmaantuessa. Myös tyhjä kuljetuskärry tai tyhjä paikka lattialla voi liipaista liikuttamisen, tuotannon tai toimituksen tarpeen. Oli signaali millainen tahansa, niin valmistusta ylävirrassa tapahtuu vain pyynnön tullessa. Imujärjestelmä on yksinkertainen hahmottaa solumuotoisessa tuotannossa, jossa työskennellään lähekkäin. [5, ss. 1-21; 8, ss. 129-178]

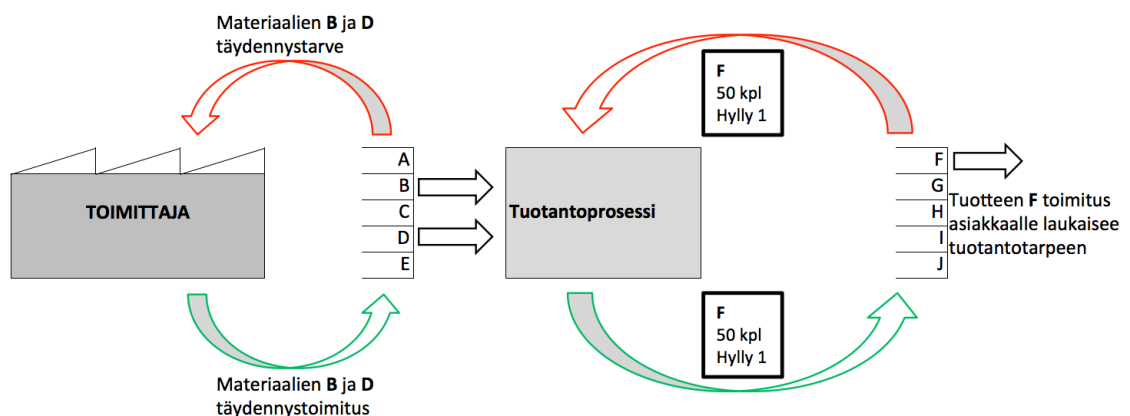
Kanban-järjestelmä perustuu asiakkaan tekemään tuotteiden tai osien vetämiseen toimittajalta. Asiakas ja toimittaja voivat olla niin ulkoisia kuin laitoksen sisäisiäkin. Järjestelmän perusajatus on, että tuotantoa tai liikuttamista tapahtuu vain silloin, kun asiakas antaa siihen luvan. Tämä tarkoittaa asiakaskysyntäohjautuvaa tuotannon aikataulutusta, joka perustuu ennusteiden sijaan todelliseen kysyntään ja kulutukseen. Kanban ohjaa tuotantoprosessin virtausta, jolloin vain käytetty määrä resursseja

korvataan. Se ei siten vaadi aikataulutusta toisin kuin työntöön perustuva tuotannonsuunnittelu. Kanbanin etuna on varaston määrän rajoittaminen, vaikka se toimiikin pienenä puskurina piilottaen tietyn määrän ongelmia. Kanbanien määrää vähentämällä ongelmat voidaan nostaa esille ja niihin voidaan reagoida.

Varaston koon rajoittamisella on vaikutusta liiketoiminnan tulokseen, sillä se tarkoittaa vähemmän sitoutunutta pääomaa, vie vähemmän tilaa ja vaatii vähemmän käsittelyjä, joka vähentää käsittelyvaurioita. Mitä enemmän on keskeneräisiä tuotteita, sitä kauemmin ne joutuvat odottamaan omaa prosessointivuoroaan. Kanban-järjestelmän avulla voidaan siis pienentää keskeneräisen tuotannon määrää, jolloin läpimenoaikakin lyhenee. Pienempi keskeneräisen työn määrä vähentää myös hukkaa ja uudelleen työstämisen tarvetta silloin, kun virheitä löytyy. Läpimenoajan ollessa lyhyempi virheiden muodostumisen ja löytymisen välillä on lyhyempi ajanjakso, jolloin mahdollisuudet juurisyyn löytymiselle paranevat. Kanbanien avulla tuote saadaan asiakkaalle joka kerta ajallaan. [5, ss. 1-21; ss. 185-204]

Kanbaneja on tyypiltään kahdenlaisia, jotka ovat tuotanto- ja täydennys-kanban. Tuotanto-kanbania käytetään nimensä mukaisesti tuotantotarpeen ilmaisemiseen. Se antaa luvan valmistaa tuotetta lisää silloin, kun varastopaikka tyhjenee ja kanban-kortti vapautuu käyttöön. Täydennys-kanban on usein käytössä ulkoisen toimittajan ja asiakkaan välillä. [9, ss. 107-132] Se ilmaisee materiaalien täydennystarpeen tietyssä pisteessä. Näiden kanbanien toimintapisteet ovat havainnollistettu kuvassa 6.

Kuvaa 6 voidaan lukea oikealta vasemmalle siten, että tuote F toimitetaan asiakkaalle, joka laukaisee tuotantotarpeen varastopaikan täydentämiseksi. Kun tuotantoprosessi kuluttaa materiaaleja B ja D valmistaakseen tuotetta F, niin näille materiaaleille muodostuu täydennystarve toimittajan suuntaan

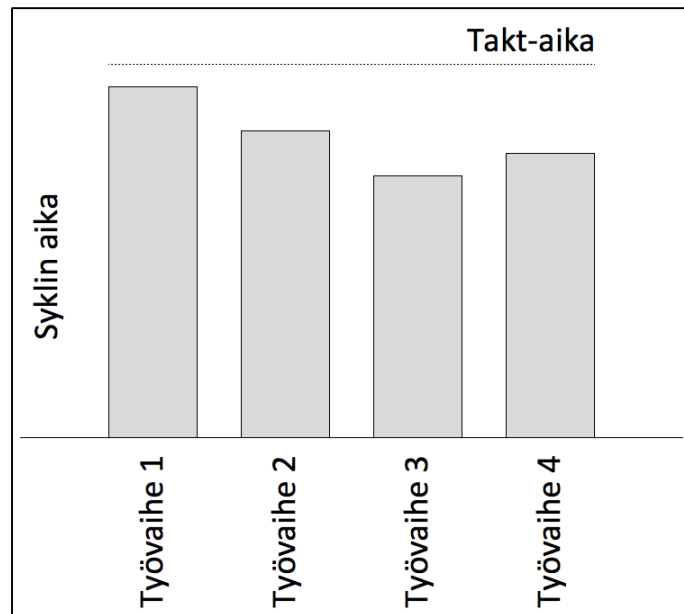


Kuva 6. Tuotanto- ja täydennys-kanbanin toimintaperiaatteet

5.1.3 Takt-aika

Takt-aika on tuotantoa tahdittava aika, joka määritetään kysynnän perusteella. Sen tulee olla aina pidempi kuin tuotteen vaatiman syklin aika. Kuvassa 7 on havainnollistettu tätä tilannetta. Usein syklin aika on reilusti takt-aikaa lyhyempi, koska ihmiset ja koneet eivät voi toimia sadan prosentin tehokkuudella. Vaikka takt-aikaa käytetään useimmiten

linjamuotoisessa tuotannossa, niin sitä voidaan hyödyntää käytännössä millä tahansa liiketoiminta-alueella. [5, ss. 185-204]



Kuva 7. Takt-ajan ja syklin ajan suhde toisiinsa

Takt-ajan määrittämiseen vaaditaan päivittäisen keskimääräisen kysyntätiedon lisäksi työvuorojen lukumäärä sekä tehollinen työaika yhden työvuoron aikana. Takt-aika ilmoitetaan usein muodossa minuuttia tai sekuntia per kappale. Jos työtä tehdään esimerkiksi kahdessa vuorossa, tehollinen työaika vuoron aikana on 400 minuuttia ja kysyntä 400 kappaletta per päivä, niin takt-ajaksi saadaan yhtälön (2) mukaisesti

$$T = \frac{2 \times 400 \text{ min/pv}}{400 \text{ kpl/pv}} = 2 \frac{\text{min}}{\text{kpl}} \quad (2)$$

Edellä laskettu takt-aika kertoo siitä, että tuotteita tulee valmistua kahden minuutin kappaletahdilla, jotta asiakaskysyntä saadaan tyydytetyksi.

5.1.4 Solumuotoinen tuotanto

Perinteisessä funktionaalisessa tuotannossa samankaltaiset laitteet ovat järjestetty lähelle toisiaan. Funktionaalinen layout sietää paremmin laiterikkoja, mutta liikkumiseen ja kuljettamiseen käytettävä matka voi olla pitkä.

Solumuotoisessa tuotannossa työpisteet ja tuotantolaitteet ovat sijoitettu peräkkäin tuotteen tai tuoteperheen vaatimien toimintojen mukaisesti mahdollistaen materiaalien ja komponenttien tasaisen virtauksen läpi koko tuotantoprosessin. Tällainen järjestely minimoi liikkeet, siirrot ja viivytykset. Kun prosessit ovat tasapainossa, tuote liikkuu jatkuvalla virtauksella ja asiakastarpeeseen pystytään vastaamaan nopeasti. Solutuotannossa manuaaliset ja koneelliset työvaiheet liitetään mahdollisimman tehokkaaksi yhdistelmäksi, jolloin lisäarvoa tuottava aika maksimoidaan samalla minimoiden hukkaa. Sen sijaan, että työstetään monta kappaletta ennen niiden siirtoa

seuraavaan työvaiheeseen, siirretäänkin yksi kappale kerrallaan seuraavaan työvaiheeseen asiakastarpeen määrittelemällä tahdilla. Solumuotoinen tuotanto mahdollistaa joustavuuden kysynnän muutoksen tapahtuessa. Tällä tuotantotavalla pyritään minimoimaan yhden kappaleen vaatima prosessin läpimenoaika ja sen seurauksena osien liikuttaminen minimoituu, työvaiheiden välinen odotusaika vähenee, varasto pienenee ja tuottavuus kasvaa. [5, ss. 1-21]

Solumuotoinen layout rohkaisee esivalmistelujen nopeuttamiseen ja kannustaa työntekijöitä toimimaan moniosajina, jotka taitavat laadunparantamisen, hukan vähentämisen ja yksinkertaiset laitehuollot. Moniosaaminen auttaa työntekijöitä tasapainottamaan töitä solun sisäisesti samalla lyhentäen läpimenoaika. Tämä johtaa kykyyn valmistaa laadukkaita tuotteita halvemmallalla, ajallaan ja joustavalla tavalla.

5.1.5 Yksiosainen virtaus

Kaikki edelliset kohdat tukevat yksiosaisen virtauksen muodostamista, joka tarkoittaa sitä, että yhdessä työvaiheessa prosessoidaan yksi tuote kerrallaan siirtäen se heti valmistuessa seuraavan työvaiheen käsittelyyn. Yksiosainen virtaus ei ole kaikkialla mahdollista, mutta siihen pyrkimällä voidaan tuotantoa tehostaa monin tavoin. Se, että käytetään pieniä eräkojoja, pidetään työvaiheet lähellä toisiaan ja pidetään materiaali häiriöttä liikkeessä prosessin läpi, on parempi kuin suurten erien valmistaminen, jotka myöhemmin joutuvat odottamaan seuraavaa työvaihetta. [1 ss. 87-103]

Erätuotantoon verrattuna yksiosaiseen virtaukseen on paljon helpompi niin sanotusti rakentaa laatu sisään. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen työntekijä toimii myös tarkastajana ja jos ongelmia esiintyy, niin ne korjataan ennen tuotteen siirtämistä eteenpäin. Jos virheitä pääsee seuraavaan vaiheeseen, niin ne todennäköisesti huomataan seuraavan tarkastajan toimesta. Usein ajatellaan, että virtauksen vaatima tuotantolaitteiden pyhittäminen linjakäyttöön vähentää joustavuutta, koska niiden aikataulutus muuta käyttöä varten hankaloituu. Tehokkaalla virtauksella toimitusaika on kuitenkin hyvin lyhyt, jolloin joustavuus itse asiassa lisääntyy. Sen sijaan, että odotettaisiin viikkoja tuotantoerän valmistumista, on virtaavan tuotannon toimitusaika tuntien tai päivien luokkaa. Tällöin uusia tilauksia voidaan ottaa tuotantoon huomattavasti nopeammin. Jos asiakaskysyntään tulee muutoksia, niin toisenlaiseen tuotevalikoimaan siirtyminen on mahdollista lähes välittömästi. [1 ss. 87-103]

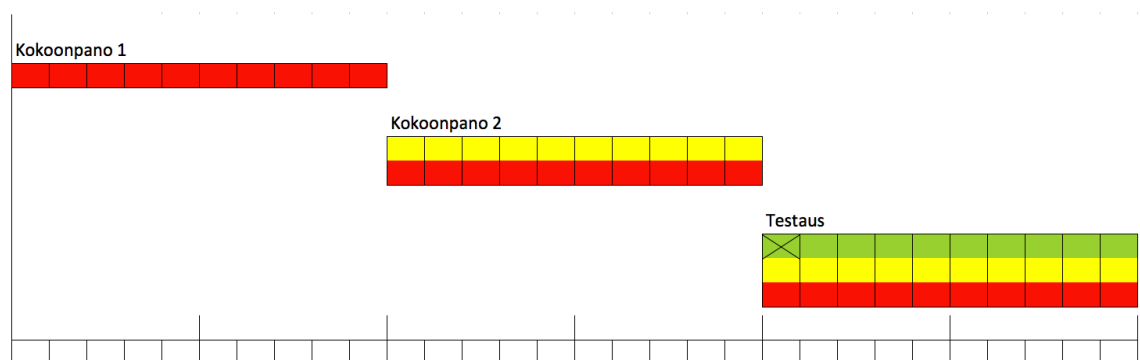
Tuottavuuden kannalta erätuotanto on monissa tapauksissa harhaanjohtavaa. Osastoittain järjestetyt toiminnot ja niiden mittaaminen usein ainoastaan koneiden ja ihmisten käyttöasteina on syy sille miksi tuottavuus vaikuttaisi olevan korkeimmillaan. Todellisuudessa suurten erien tuotannossa on hyvin vaikea määrittää montako ihmistä tarvitaan prosessissa, koska tuottavuutta ei mitata arvoa lisäävänä työnä. Ei ole mitenkään mahdollista tietää kuinka paljon tuottavuutta hukataan, kun valmistetaan ja varastoidaan yli tarpeen. Selvää on ainakin se, että aikaa tuhhlataan virheellisten osien ja komponenttien etsimiseen ja lopputuotteiden korjaamiseen. Yksiosaisessa tuotannossa on erittäin vähän arvoa lisäämättömiä toimintoja, jolloin kiireelliset ja kiireettömät henkilöt erotetaan toisistaan helposti. Arvoa lisäävän työn osuus voidaan laskea

yksinkertaisesti, jonka perusteella voidaan määrittää tarvittavien työntekijöiden määrä tietyn tuotantotahdin saavuttamiseksi. [1 ss. 87-103]

Funktionaalisella tuotantojärjestelyllä hukataan merkittävä määrä lattiapinta-alaa. Käytävät ja työpisteet vaativat oman tilansa, mutta suurimman osan hukkatilaa aiheuttaa välivarastot. Yksiosaisen virtauksen solussa laitteet ja tarvikkeet ovat lähekkäin, jonka myötä hukkatilaa vievälle varastoinnille ei ole mahdollisuuksia. Lattiatilan vapauttamisella voidaan välttyä lisäkapasiteetin rakentamiselta. Virtauksen luomisella vähennetään lisäksi turhia kuljetuksia sekä liikutettavien tavaraerien kokoa, joka parantaa työympäristön turvallisuutta. Tämän lisäksi virtaus parantaa henkilöstön työmotivaalia, koska ihmiset tietävät tekevänsä enemmän arvoa lisäävää työtä ja näkevät välittömästi työnsä tuloksen. Näin ollen onnistumisen tunne ja työtyytyväisyys lisääntyy. [1 ss. 87-103]

Erätuotantoa ja yksiosaista virtausta voidaan vertailla kuvien 8 ja 9 avulla Likerin [1 ss. 87-103] esimerkin pohjalta. Prosessointiajat ovat jokaiselle vaiheelle yksi minuutti. Ensimmäisessä tilanteessa tuotanto tapahtuu kymmenen kappaleen erissä ja toisessa yksi kappale kerrallaan. Yksi tuote vaatii kaksi kokoonpanoa ja testauksen.

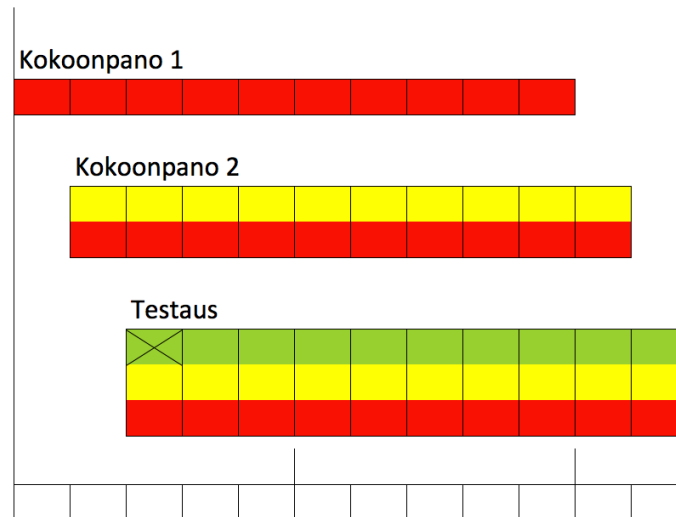
Kuvan 8 erätuotannossa kokoonpanolla 1 kestää kymmenen minuuttia saada koko tuotantoerä valmiiksi, jonka jälkeen se siirretään kokoonpanoon 2. Jälleen kuluu kymmenen minuuttia erän valmistumiseen. Kun vielä testauksellakin kuluu kymmenen minuuttia saada erä valmiiksi, niin kokonaisuudessaan tuotteet saadaan toimitusvalmiiksi 30 minuutissa. Tähän aikaan pitäisi lisätä vielä työvaiheiden välillä vaadittu kuljetusaika. Yhden tuotteen valmistamiseen käytetään arvoa lisäävää aikaa kolme minuuttia, mutta kestää 21 minuuttia ennen kuin ensimmäinen tuote saadaan valmiiksi toimitusta varten. Jos tuotteessa huomataan vika testausvaiheessa (merkitty kuvaan rastilla), niin prosessissa on vähintään 21 kokoonpanoa, joissa voi esiintyä sama vika. Jos vian aiheuttama toimenpide on tapahtunut kokoonpanossa 1, niin silloin kestää jopa 21 minuuttia kunnes se löydetään testauksessa.



Kuva 8. Erätuotannon periaate [1 ss. 87-103]

Kuvan 9 yksiosaisessa tuotannossa jokainen vaihe suoritetaan yksitellen, jolloin tuote siirretään vaiheen valmistuessa heti seuraavaan. Koska jokainen työvaihe kestää minuutin, niin ensimmäisen tuotteen toimitusvalmiiksi saattaminen kestää kolme minuuttia. Tästä seuraa, että kymmenen kappaleen valmistaminen kestää 12 minuuttia.

Jos yksiosaisessa tuotannossa huomataan vika testausvaiheessa, niin prosessissa on samalla hetkellä vain kaksi muuta kokoonpanoa, joissa voi olla myös vikaa. Tässä tapauksessa maksimiaika vian tapahtumisesta sen havaitsemiseen on vain kaksi minuuttia.



Kuva 9. Yksiosaisen tuotannon periaate [1 ss. 87-103]

Suurten erien tuotannossa ongelmana on prosessissa oleva jopa useita viikkoja käsittävä työ määrä. Pahimmillaan vian löytyminen voi kestää kuukausia, jolloin virheiden syytä on lähes mahdotonta jäljittää ja tunnistaa.

5.2 Tasoitettu tuotanto

Tuotannon tasaaminen, japaninkielellä heijunka, on keskeinen tekniikka tuotannon tehokkuuden kehittämisen ja hukan vähentämisen kannalta. Se muodostaa jidokan kanssa TPS:n peruspilarit. Epävarma toimintaympäristö aiheuttaa usein merkittävää vaihtelua. Tällöin tuotteita valmistetaan enemmän kuin kysyntää olisi ja jossakin vaiheessa tulee tilanne, jolloin suureksi kertynyt varasto täytyy purkaa esimerkiksi merkittävillä alennusmyynneillä. Koska harvoissa tapauksissa lopputuotteen kysyntä on tarkalleen ennustettavissa, niin tärkeintä onkin pyrkiä valmistamaan niitä tasaisella tahdilla. Lopputuotteiden valmistus tasaisella tahdilla auttaa myös ylävirran työvaiheita tekemään puolivalmiita tuotteita tasaisella tahdilla. Hukkaa syntyy, jos joudutaan varautumaan huippukysynnän mukaan, koska tällöin välineitä, työntekijöitä, varastotilaa ja muita resursseja on oltava riittävästi saatavilla.

Heijunka koostuu kolmesta elementistä, jotka ovat tasoittaminen, jaksottaminen sekä stabiilisuus ja standardointi. Prosessissa on käytettävä volyymin lisäksi eri tuotteiden kysyntäkeskiarvoa, jotta se voisi toimia sujuvasti ja yhdenmukaisesti. Tasoittamisella tarkoitetaan tuotantovolyymin tasaamista, jotta vaihtelua saataisiin vähennettyä. Tällä tavalla pyritään estämään tietyn ajanjakson tuotantopiikkejä, jolloin ensin tehtäisiin hitaammin ja jakson loppupuolella tahti kiihtyisi. Jaksottamisen avulla vuorotellaan eri töitä tai tilauksia. Esimerkiksi tilaukset on käsiteltävä päivämäärän

Kuvan 11 tilanteessa prosessi on sekä tasoitettu, että jaksotettu. Tämä vaatii myös vaihtoaikojen lyhentämistä. Jos kysynnän määrä on tiedossa, niin se voidaan jyvittää tasaisesti tietylle ajanjaksolle. Tärkeintä on huomata, että suuren työmäärän vaatimia tuotteita ei valmisteta peräkkäin. Tällöin tasainen kuormitus on mahdollista järjestää. Tuotantoa tasaamalla on mahdollista saavuttaa muutamia etuja. Joustavuuden avulla voidaan tehdä sitä mitä asiakas haluaa silloin, kun sitä tarvitaan. Myymättömien tuotteiden riski pienenee, kun tehdään vain sitä mitä tilataan. Työvoimaa ja –koneita käytetään tasaisesti. Ylävirran prosesseille ja tavarantoimittajille muodostuu tasainen kysyntä, joka vähentää varastotarvetta. [1 ss. 113-127]

VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO
VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO
VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO
VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO	VAIHTO
Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai

Kuva 11. Tasoitettu ja jaksotettu tuotantoprosessi [1, ss. 113-127]

Tuotannon tasoittamisen lisäksi on mahdollista tasoittaa myös kysyntää. Jos tuotteita myydään esimerkiksi määräalennuksin tai myyntihenkilö saa provision myynnistään, niin tämä näkyy yleensä kysynnän suurena vaihteluna. On tyypillistä, että provisioihin liittyy tietty myyntitavoite, jolloin kauden lopussa myyjä tekee kaikkensa tavoitteen täyttymiseksi. Normaalista poikkeavan suuri tilaus kuormittaa merkittävästi tuotantoa. Myyntiin voimakkaasti vaikuttavat tekijät tulee siis poistaa prosessista. Tämä vaatii myyntihenkilöstön kouluttamista tasaisen kysynnän luomiseksi.

5.3 Nopeat tuotevaihdot

Perinteisesti pitkiä vaihtoaikoja kompensoidaan suurella tuotantomäärällä, jolloin yhtä tuotetta kohti vaihtoaajan kustannus on kohtuullisen pieni. Suuri eräkojo edellyttää kuitenkin suurta varastointitilaa. Eräkoon maksimointi tarkoittaa myös sitä, että tuotantolaitteisto on pidempään varattuna yhdelle tuotteelle, jolloin asiakaskysynnän muutoksiin ei pystytä reagoimaan nopeasti. Suuren eräkoon huono puoli on myös sen kuormittava vaikutus tuotannon seuraavissa vaiheissa.

Nopea vaihtoaika (SMED, single-minute exchange of die) on yksi keino vähentää hukkaa valmistusprosessista. Menetelmä on systemaattinen tapa lyhentää tai jopa poistaa tuotevaihtoihin ja asetusten tekemiseen kuluva aika. Vaihtoaikojen lyhentämiseen käytetään ensisijaisesti edullisia tai jopa ilmaisia ratkaisuja. Nopea

tuotevaihto on tärkeää missä tahansa prosessissa, sillä sen avulla saavutetaan joustava tuotanto alhaisilla kustannuksilla. Lyhyemmät vaihtoajat mahdollistavat vastaamisen asiakastarpeeseen laadun, hinnan ja toimitusajan suhteen välttäen ylivarastoinnin tuomat kustannukset. SMED tähtää siihen, että vaihtoajat saataisiin lyhennettyä alle kymmeneen minuuttiin. Seuraava askel tästä olisi OTED (one-touch exchange of die), jolla tähdätään vaihtoajan lyhentämiseen alle 100 sekuntiin. [5, ss. 1-21; ss. 221-235]

SMED-tekniikkaa voidaan käyttää kaikentyyppisiin vaihtoihin, vaikka se alun perin onkin lähtöisin autoteollisuuden muottien vaihdosta. Vaihtoaika on se aika, joka kestää erän viimeisen hyvän kappaleen valmistumisesta seuraavan erän ensimmäisen hyvän kappaleen valmistamiseen vähennettynä ensimmäisen kappaleen sykliajalla. Vaihdoissa tarvittavat työvaiheet jaotellaan sisäisiin ja ulkoisiin. Sisäiset työvaiheet on mahdollista tehdä vain, kun kone on pois päältä ja ulkoiset vaiheet voidaan tehdä koneen vielä käydessä. Nopea vaihtoaika saavutetaan, kun sisäiset työvaiheet muutetaan ulkoisiksi. Vaihtoajan lyhentyessä voidaan työvuoron aikana tuottaa enemmän tai eräkokoja voidaan pienentää. Suuren tuotevalikoiman ympäristössä ei ole mielekästä keskittyä tiettyyn nimikkeeseen, vaan on tärkeämpää ajatella prosessinäkökulmasta. Vaihdot voidaan ryhmitellä tyyppin mukaan ja lyhentää kyseisen ryhmän vaihtoaikaa. Tehtäessä investointeja pienen volyymin tuotantoon on edullisempaa valita kone, joka on suunniteltu nopeisiin vaihtoihin sen sijaan, että painotettaisiin tuotantonopeutta. [9, ss. 65-82]

Tutkimus [10] osoittaa SMED-tekniikan hyödyntämisen merkityksen. Tässä puolijohdekomponenttien pakkaamiseksi putkista keloihin käytettävän koneen tuotevaihtoihin kului aikaa keskimäärin 85 minuuttia, koska vaihdoissa konetta jouduttiin purkamaan merkittävästi. Lisäksi vaihdot suoritettiin ylläpitohenkilökuntaan kuuluvien työntekijäiden koneen käyttäjien sijaan. Vertailujen tuloksena päädyttiin käyttämään puoliautomaattista asetusrutiinia, joka ei vaadi lainkaan ruuvien irroittamista eikä aiheuta automaattiseen menetelmään verrattuna kohtuuttomia kustannuksia. Alunperin koneella pystyttiin pakkaamaan vain yhdenlaista tuotetta, mutta tähän haluttiin muutos, jolloin neljän erilaisen komponentin pakkaaminen onnistuisi samalla koneella.

Asetusaikojen lyhentäminen saatiin aikaiseksi hyödyntämällä käännettävää nuppia, joka laakerien ja kääntövarren avulla muuttaa koneen asetukset toista tuotetta varten. Näin ollen koneen käyttäjä pystyy itse tekemään muutokset. Asetusaika lyheni alkuperäisestä alle yhteen minuuttiin. Asetusaikojen lyhentymisen lisäksi huomattiin positiivinen vaikutus tuotelaatuun ja tuottavuuden 50 prosentin kasvu. Myös lattiapinta-alasäästöjä saatiin aikaiseksi, sillä muutosten jälkeen pystyttiin tekemään samat asiat kahdella koneella johon ennen oli tarvittu viisi konetta.

5.4 Pullonkaulateoria

Pullonkaulateoria (TOC, theory of constraints) perustuu ajatukseen siitä, että ketju on juuri niin kestävä kuin on sen heikoin lenkki. Pullonkaulateoria on johtamisfilosofia,

jonka mukaan jokaisella organisaatiolla on oltava vähintään yksi rajoittava tekijä, joka estää paremman suorituskyvyn saavuttamisen. Nämä pullonkaulat on tunnistettava ja niihin on paneuduttava huolellisesti. TOC kyseenalaistaa väitteen, jonka mukaan minkä tahansa yksittäisen toiminnon tehostaminen pienentäisi yrityksen kustannuksia. Jos esimerkiksi tehostamistoimenpiteitä tehtäisiin tuotantoprosessin puolivälissä, niin se johtaisi lopputuotevaraston kasvamiseen, jos tehostamista ei tehtäisi samanaikaisesti tavaran lähetyksessä. Tämä tarkoittaisi siis kustannusten nousua, koska prosessiin luotaisiin pullonkaula. Pullonkaula tarkoittaa työvaihetta, jonka kapasiteetti ei pysty vastaamaan kysyntään. [5, ss. 165-183]

TOC ohjaa tuotantoa rumpu-puskuri-köysi-mallin avulla. Ketjua pitää tarkastella kokonaisuutena eikä vain yksittäisinä silmukoina. Tavoitteena on koordinoida koko prosessia pullonkaulan asettamien rajojen mukaisesti sen sijaan, että jokaisen osaston tuotanto maksimoitaisiin. Tarkoituksena on ylläpitää kapeikko toiminnassa täydellä teholla ja muiden toiminta ajoitetaan tämän rummun tahtiin. Puskuri toimii rummulle välivarastona, jolla varmistetaan jatkuva työtahti. Puskureita käytetään myös ylläpitämään tuotannon katkeamattomuus läpi koko prosessin. Köysi toimii kommunikaationa rummulta ylävirtaan, jotta keskeneräisen tuotannon määrä ei kasvaisi liian suureksi vaan tuotantoa tapahtuisi vain sen verran kuin kapeikko tarvitsee. TOC-analyysi muodostuu viidestä askeleesta:

- Tunnistetaan pullonkaula esimerkiksi vuokaavion avulla
- Määritetään tehokkain tapa hyödyntää pullonkaula. Etsitään tuottavin tuotevalikoima perustuen kapeikon käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Maksimoidaan virtaus kapeikon läpi asetuksia vähentämällä ja eräkokoa pienentämällä. Keskitytään pikemmin läpimenoon kuin tehokkuuteen
- Käytetään rumpu-puskuri-köysi-mallia: ylläpidetään pieni määrä keskeneräistä tuotantoa (puskuri) ja syötetään lisää pullonkaulan (rummun) tarpeen mukaan määrätyn ajan (köysi) kuluttua. Koordinoidaan resurssit siten, että kapeikolle riittää töitä ilman ylituotantoa
- Lisätään pullonkaulan kapasiteettia. Investoidaan lisäkapasiteettiin, jos se kasvattaa läpimenoa enemmän kuin investointi tuottaa kustannuksia. Investoidaan vasta, kun kapeikon läpimeno on ensin maksimoitu olemassa olevalla kapasiteetilla
- Suunnitellaan tuotantoprosessi uudelleen joustavuutta ja nopeaa läpimenoa ajatellen. Suunnittellaan tuote uudelleen, jos sillä saavutetaan nopeampi läpimeno [5, ss. 165-183]

Suuret tuotantoerät aiheuttavat siirtyviä pullonkauloja. Suuri erä koko kuormittaa yhteisiä resursseja käytäviä työpisteitä, jolloin muiden tuotteiden prosessointia joudutaan odottamaan. Tämä häiritsee virtausta ja näännyttää prosessien seuraavat vaiheet. Päivien tai viikkojen kuluttua pullonkaula on siirtynyt johonkin myöhempään vaiheeseen prosessia, kun suuri erä on vihdoinkin saatu aikaisemmasta vaiheesta läpi. [5, ss. 165-183]

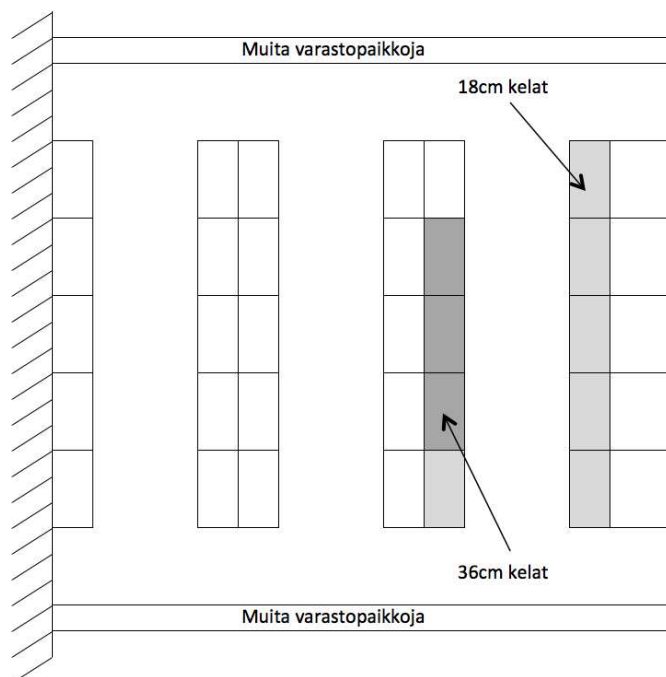
6 TOIMENPITEITÄ JATKOA AJATELLEN

Tämän luvun tarkoituksena on esittää muutamia kehitysehdotuksia Xortec oy:n toimintoihin.

6.1 Varastohallinta

Varastohallinnan kannalta komponenttien varastointi on rajallisen tilan myötä kriittisessä tilassa, koska toiminnan laajentuessa varastointitarve tulee kasvamaan entisestään. Nimikkeitä on oltava lukuisa määrä, jotta tuotteita pystyttäisiin valmistamaan asiakastarpeiden mukaisesti.

Suurin yksittäinen ryhmä on koneilla ladottavat pintaliitoskomponentit. Nämä komponentit toimitetaan keloissa, joista ladontakone poimii ne syöttölaitteen avustuksella. Suurin osa keloista on halkaisijaltaan 18 senttimetriä, mutta esimerkiksi suuremmille komponenteille tyypillinen koko on 38 senttimetriä. Näiden kelojen varastointi on tällä hetkellä toteutettu tavallisilla hyllyillä, joiden hyllylevyjen leveys on yksi metri ja syvyys 40 senttimetriä. Hyllyjä käytetään tilojen järjestelyn takia yksipuolisesti kuvan 12 mukaisesti, joten pienempien kelojen kohdalla vain puolet hyllylevystä on hyödynnetty. Pienet kelat säilytetään hyllyssä pystyasennossa, jolloin yhdelle hyllylle mahtuu rinnakkain noin 50 kela. Suuremmat kelat ovat kasattu päällekkäin.

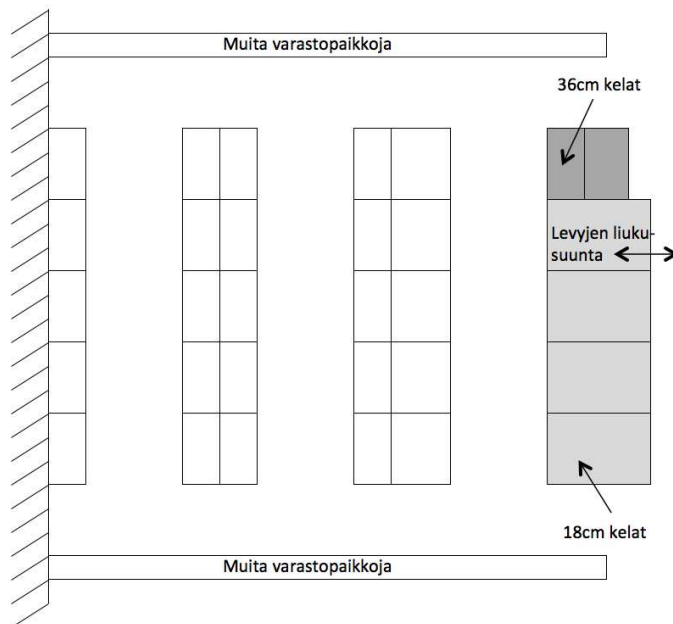


Kuva 12. Komponenttikelojen nykyiset hyllypaikat

Vaikka hyllyjä pystyttäisiinkin täyttämään kahdesta suunnasta, niin jäljelle jäisi edelleen tämän varastointitavan hukkaa aiheuttavia tekijöitä. Kelat ovat jaoteltu eri hyllyihin komponenttikoon mukaan ja näissä hyllyissä ne ovat komponenttien arvojen mukaisessa järjestyksessä. On kuitenkin hyvin mahdollista, että inhimillisen erehdyksen seurauksena kela on joutunut eri kohtaan kuin missä sen pitäisi olla. Tällöin tätä komponenttia saatetaan etsiä pitkään ennen kuin se löydetään, koska useissa tapauksissa niitä on vain yksi kela per nimike. Aikaa hukataan myös siinä tapauksessa, että kela onkin käytössä jo toisella ladontakoneella ja tätä etsitään samanaikaisesti varastopaikaltaan toisen henkilön toimesta.

Pienten kelojen osalta varastointi voitaisiin järjestää siten, että jokaiselle nimikkeelle on yksilöity paikkansa. Tällöin hyllyjärjestelyn tilalle otettaisiin käyttöön vähittäiskaupoistakin tutut ripustuskoukut. Kaupallisesti saatavilla oleva työkaluteline soveltuisi tähän käyttöön. Kyseessä on maksimissaan 14 reikälevyä kannatteleva runko, josta levyt voidaan vetää liukukiskoa pitkin yksitellen ulos. Koska useimpia kelakomponentteja on yksi tai kaksi kelallista, niin levyyn kiinnitettävät koukut voivat olla vain 30-50 millimetriä pitkät.

Reikälevyyn voidaan ripustaa koukkuja kahdelle puolelle, jolloin yhden levyn käyttöpinta-ala voidaan tuplata. Levyn yhdelle puolelle mahtuu noin 50 nimikettä. Rungon leveys ja levyn paksuus huomioonottaen mahtuu levyjä yhteen pakettiin kahdeksan kappaletta, jos kaikki koukut ovat 50 millimetriä pitkiä. Päädyissä olevia levyjä voidaan käyttää yksipuolisina ja keskimmäisiä kaksipuolisina. Näin ollen yhteen pakettiin mahtuu kokonaisuudessaan 700 nimikettä. Näitä paketteja mahtuu varastoalueelle neljä kappaletta kuvan 13 mukaisesti. Samanaikaisesti suuremmat kelat järjestetään pystyasentoon, jolloin ne mahtuisivat kahdelle hyllylle kolmen sijaan. Tällä järjestelyllä pienten kelojen osalta mahtuisi varastoon noin 700 uutta nimikettä.



Kuva 13. Komponenttikelojen uusi järjestely

Varastointijärjestelyn muutoksella päästäisiin eroon edellämainitusta etsimisestä, sillä yhdellä silmäyksellä näkisi onko haettavaa nimikettä varastopaikallaan. Myös nimikettä palautettaessa varastoon se tulisi joka kerta takaisin samalle paikalle. Näiden lisäksi nykyisin kelojen varastointiin käytettävistä pahvisista taskuista päästäisiin eroon, jolloin tehtäisiin vähemmän turhaa työtä keloja käsiteltäessä. Myös keräilyyn käytettävissä vaunuissa riittäisi tila paremmin keloille, kun niihin ei tarvitsisi säilöä kyseisiä pahveja tuotannon ajaksi.

Toinen hukkaa aiheuttava varastonhallintaan liittyvä tekijä on varastokirjanpito komponenttien varastopoistojen tekemisen osalta. Tämän hetkinen tilanne on, että lukijaan syötetään osaluettelon perusteella komponentin varastonumero ja komponenttien lukumäärä per piirikortti. Nämä tiedot syötetään jokaiselle komponenttiluettelon riville, jotka halutaan poistaa varastosta. Lukijalta tiedot siirretään tietokoneen varastonhallintaohjelmistolle. Poikkeustapauksissa komponentteja joudutaan poistamaan vielä erikseen. Käsien syötettävät luvut sisältävät suuren riskin inhimillisille virheille. Luku voidaan lukea luettelosta väärin tai se voidaan syöttää lukijaan väärin. Jos virhettä ei huomata, niin tämä vääristää varastosaldoa, joka voi pahimmassa tapauksessa keskeyttää jonkin toisen tuotteen valmistuksen.

Manuaalisen työn ajallisia vaikutuksia voidaan tarkastella seuraavan esimerkin avulla. Jos komponenttien poistaminen varastosta sujuu ilman ongelmia, niin voidaan olettaa yhden rivin syöttämisen kestävän noin 20 sekuntia. Jos keskimäärin päivän aikana poistetaan 30 riviä, niin aikaa tähän kuluu 600 sekuntia eli kymmenen minuuttia. Työpäiviä vuoden aikana on noin 230, joten kaiken kaikkiaan pelkästään tähän arvoa tuottamattomaan työhön kuluu aikaa noin 38 tuntia, joka tarkoittaa lähes kokonaista työviikkoa yhden työntekijän osalta.

Koska tietokanta sisältää osaluetteloon tarvittavat tiedot, niin näitä tietoja voitaisiin käyttää hyväksi poistojen kirjaamisessa. Tällöin ei tarvittaisi erillistä lukijaa, vaan projektin osaluetteloa vastaava näkymä avattaisiin tietokoneelle. Poistettavien komponenttien rivit valitaan aktiivisiksi ja poistettavan erän koko sekä työntekijänumero syötettäisiin niille määrättyihin kenttiin. Jos komponenttien määrä kortilla on jostain syystä eri kuin ennaltamääriteltä arvo, niin uusi arvo voitaisiin lisätä tälle varattuun kohtaan.

Tällainen tapa tehdä poistot olisi varmasti huomattavasti nopeampi, sillä muutoksia tai merkintöjä tarvitsee tehdä vain muutamiin kohtiin. Voisi arvioida, että tällaisella tavalla poistojen tekemiseen kuluisi aikaa korkeintaan kaksi minuuttia päivän aikana eli prosessi nopeutuisi viidesosaan alkuperäisestä. Myös virheiden mahdollisuudet vähenisivät merkittävästi, sillä käyttäjän ei tarvitsisi syöttää kaikkia tietoja.

6.2 Tuotantoprosessi

Tuotantoprosessin virtaavuus on lean-toiminnan kannalta ensisijaisen tärkeää. Tuotantoon sitoutuneen pääoman kannalta on keskeistä, että tuotteet valmistetaan mahdollisimman vähäisin resurssein ja mahdollisimman nopeasti tuotannon

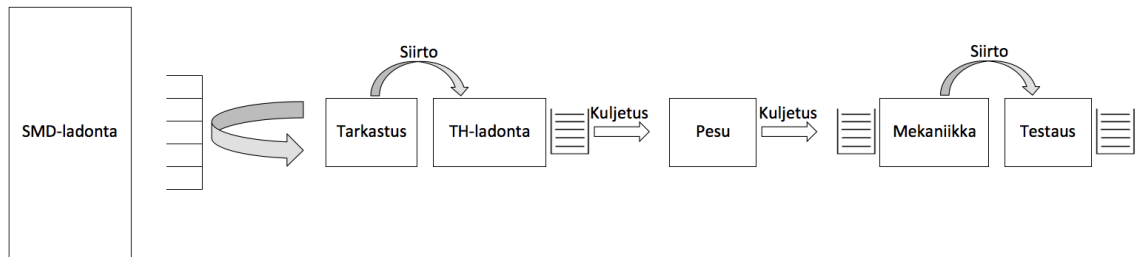
aloittamisen jälkeen. Myös yritystoiminnan kate paranee edellä mainittujen ansiosta. Tietyissä tilanteissa ketterä tuotantoprosessi mahdollistaa hintakilpailukyvyn, koska prosessissa esiintyy vain hyvin vähän arvoa tuottamatonta työtä, josta asiakas ei ole valmis maksamaan.

Tuotantoprosessi Xortec oy:ssä sisältää välivarastoja ketjun useassa eri pisteessä. Tämä hidastaa tuotannon virtausta, koska valmistuksessa olevat tuotteet odottavat hyllyissä tulevia työvaiheita prioriteetin perusteella. Jos useat projektit ohittavat jo aiemmin aloitetun, niin on vaarana, että aiemmin aloitettu jää hyllyyn pidemmäksi ajaksi. Tällöin pääomaa on sitoutunut välivarastoon sen sijaan, että tuotteet tehtäisiin nopeasti valmiiksi ja toimitettaisiin asiakkaalle.

Virtauksen parantamiseksi löytyy kaksi erilaista ratkaisua, jotka ovat prosessia itsestään ohjaavia sen sijaan, että jokainen työvaihe tarvitsee ohjausta erikseen. Ensimmäinen ja yksinkertaisempi tapa on muuttaa hyllyjärjestelmä FIFO-tyyppiseksi (First In, First Out). Tällöin hyllyyn ensimmäisenä tulleet piirikortit myös lähtevät hyllystä ensimmäisenä. Näin ollen tuotteilla ei ole mahdollisuutta jäädä odottamaan pitkäksi ajaksi välivarastoon. Tuotanto etenee loogisesti ilman, että työntekijöiden tarvitsee kysyä prosessointijärjestyksestä.

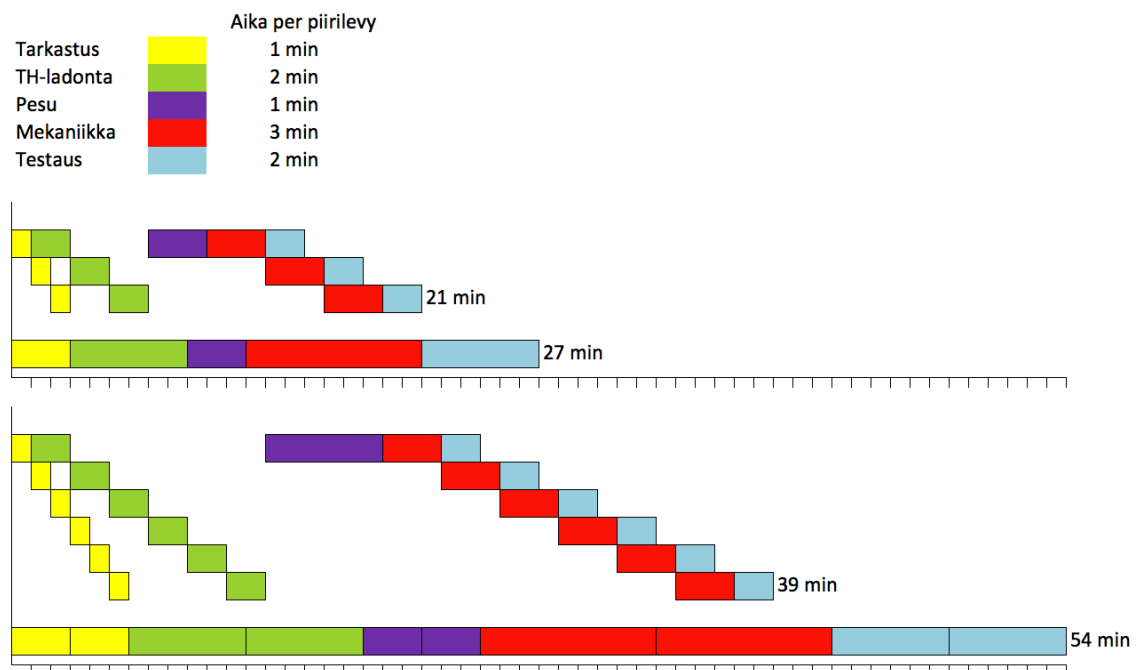
Toinen ja huomattavasti enemmän muutoksia vaativa tapa parantaa virtausta on muodostaa mahdollisimman pitkä solu tuotteen valmistamiseksi. Tällöin prosessi etenee suoraan tekijältä toiselle ilman välivarastomahdollisuutta. Tiettyjen toimintojen sijaintirajoitteiden takia täydellistä solua ei ole kuitenkaan mahdollista järjestää. Kuitenkin tietyt työvaiheet voidaan tehdä aina peräkkäin. Välivarastojen tarve vähenee ja tuotteet valmistuvat nopeammin sekä arvoa tuottamattomat työvaiheet vähenevät tuotantoketjussa.

Soluajattelua hyödyntäen tuotanto voitaisiin järjestää lohkoittain kuvan 14 mukaisesti. Pintaliitoskomponenttien (SMD, surface mount device) ladonnasta tulevat valmiit piirikortit sijoitetaan hyllyyn, josta ne ovat noudettavissa seuraavaan työvaiheeseen. Tarkastuksen ja läpiladottavien (TH, through hole) komponenttien työvaiheiden välillä kortit siirtyvät yksitellen sitä mukaa, kun tarkastusta tapahtuu. Työvaiheiden välille voi muodostua pieni puskuri, sillä tarkastus on usein nopeampaa kuin käsinjuotos. Koska pesupistettä ei voida tässä tapauksessa siirtää muiden työvaiheiden yhteyteen, voidaan kortit kuljettaa isompana eränä pesupaikalle. Kun kaikki kortit ovat tarkastettu, niin tarkastaja voi siirtyä pesuvaiheeseen. Tällöin työtä tehdään taas samanaikaisesti nopeuttaen kokonaisläpimenoaikaa. Pesupaikalta kortteja voidaan edelleen kuljettaa sopivan kokoisina erinä seuraavaan työvaiheeseen, josta kortit siirtyvät taas yksitellen eteenpäin ilman välivarastointia.



Kuva 14. Tuotannon järjestäminen osittain solumuotoiseksi

Edellä kuvatun rinnakkaistuotannon etua voidaan havainnollistaa kuvan 15 mukaisella esimerkillä. Kuvassa on esitetty kaksi tilannetta, jossa ylemmässä valmistetaan kolme kappaletta tuotetta ja alemmassa kuusi kappaletta samaa tuotetta. Porrastetut aikajanat esittävät rinnakkaistuotantoa ja jonossa olevat perinteistä peräkkäin tehtävää erätuotantoa. Tässä esimerkissä pesu on ajateltu tehtäväksi koko erälle kerrallaan. Esimerkistä käy ilmi, että kun valmistettavien kappaleiden määrää lisätään, niin rinnakkaistuotannon etu kasvaa läpimenoaikaa tarkasteltaessa. Kun kolmen kappaleen valmistamisen aikaero eri tuotantomuodoilla on kuusi minuuttia, niin kuuden kappaleen osalta aikaero nousee 15 minuuttiin. Tässä huomioimatta jätetty odotusaika on perinteisessä erätuotannossa välivarastointien määrän takia suurempi kasvattaen kokonaisläpimenoaikaa rinnakkaistuotantoon verrattuna.



Kuva 15. Läpimenoajan lyhentäminen rinnakkaistuotannon avulla

Xortecin tuotannossa tehtyjen työaikamittausten perusteella kuva 15 antaa oikean suunnan rinnakkaistuotannon hyödyllisyydestä. Mittauksen kohteena olevan tuotteen testauksen jälkeisessä loppukoonnassa piirikorttiin kiinnitetään oikosulkupalat ja vastaliittimet, jonka jälkeen kortti sekä sen kotelo sarjanumeroidaan tarroin ja koteloitu kortti paketoidaan ohjeineen sarjanumerotarrat sekä tuotetarrat sisältävään

pakkauslaatikkoon. Pakkauslaatikot kerätään kuljetuslaatikkoon. Alla on listattu työvaiheet yksityiskohtaisemmin:

- Oikosulkupalojen kiinnitys
- Vastaliittimien kiinnitys
- Sarjanumerotarrojen liimaus kotelon ja piirikortin pohjaan
- Kotelon toisen pään kiinniruuvaus (kotelo koostuu pohjasta ja kahdesta päätylevystä)
- Kortin liu'uttaminen koteloon ja toisen pään kiinniruuvaus
- Pakkauslaatikon taittelu ja tarroitus sarjanumeroin sekä tuotetarroin
- Ohjelehtisen taittelu (A4-kokoinen paperi A6-kokoon)
- Kortin pakkaaminen ohjeineen pakkauslaatikkoon
- Pakkauslaatikon asettelu kuljetuslaatikkoon

Alkuperäisessä tilanteessa tuotteen loppukoonta suoritettiin kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen henkilö kiinnitti kortille oikosulkupalat sekä osan liittimistä ja seuraava henkilö kiinnitti loput liittimet. Nämä henkilöt työskentelivät vierekkäisillä työpisteillä, mutta kortit liikkuiivat työpisteiden välillä pienissä erissä. Kolmas henkilö suoritti loput kokoonpanotyöstä kauempana edellisistä henkilöistä. Käytännössä työvaiheet tehtiin siis erä kerrallaan peräkkäin.

Mittaus suoritettiin kymmenen kappaleen valmistamiseksi jokaisessa työvaiheessa. Tällöin tuotteen valmistuminen voidaan laskea näiden vaiheiden yhteenlasketulla ajalla. Ensimmäisen henkilön käyttämä aika oli 1320 sekuntia, toisen 1167 sekuntia ja kolmannen 1200 sekuntia. Kymmeneen kappaleeseen kului aikaa siis yhteensä 3687 sekuntia, joka tarkoittaa kuutta minuuttia ja yhdeksää sekuntia per kappale. Viimeistä vaihetta nopeutti tässä kohtaa se, että tuotteen koteloon oli ruuvattu jo valmiiksi sen toinen pää kiinni sekä myyntilaatikot olivat taiteltu etukäteen aihioista laatikoiksi. Myös ohjelehtiset olivat taiteltu valmiiksi. Työaikaa oli siis käytetty jo jonkun muun toimesta näihin. Viimeisessä vaiheessa pakatut tuotteet kasattiin kärryyn, josta ne pitäisi vielä siirtää kuljetuslaatikoihin.

Seuraavaksi muodostettiin tuotantosolu tämän tuotteen valmistamista varten. Solussa kiinnitetään ensimmäisessä vaiheessa oikosulkupalat sekä kaikki liittimet ja toisessa vaiheessa tuote koteloidaan ja laitetaan pakkaus- ja kuljetuslaatikkoon. Tuotanto tapahtuu yksiosaisen virtauksen periaatteen mukaisesti siten, että kaksi henkilöä valmistaa tuotetta samanaikaisesti ja tuote liikkuu yksi kerrallaan eteenpäin vaiheesta seuraavaan. Läpimenoaikaa lyhentää merkittävästi se, että toisen työvaiheen tekijä ehtii tekemään suuren osan työstään valmiiksi jo ennen kuin tuote tulee ensimmäisestä vaiheesta tähän. Myös turhat liikkumiset sekä tavaroiden siirtelyt jäävät pois ketjusta, jolloin turhan työn tekeminen on saatu vaihdettua arvoa tuottavaksi työajaksi. Tällaisen järjestelyn etuna on myös huomattava tilan säästäminen, koska esimerkiksi pakkauslaatikoita ei taitella etukäteen, jolloin ne aihioina ollessaan vievät vähiten tilaa. Myös tuotevaihdot nopeutuvat, kun tiettyä tuotetta varten ei ole tehty

ylimäärin esimerkiksi puoliksi ruuvattuja koteloida, sillä eri tuotteet saattavat käyttää eri pohjaa, mutta samoja päätylevyjä.

Solujärjestelyn seurauksena kymmenen kappaleen valmistaminen täysin puhtaalta pöydältä vei aikaa 2300 sekuntia, joka tarkoittaa kolme minuuttia ja 50 sekuntia per kappale. Alkuperäiseen tilanteeseen verrattuna siis lähes 38 prosentin vähennystä. Kummassakin järjestelyssä käytettiin valmiiksi taiteltuja ohjelehtisiä, mutta rinnakkaistuotantotilanteessa pakkauksesta vastaava ehdisi tekemään tämänkin vaiheen sillä hetkellä. Taulukkoon 2 on koottu kyseessäolevien järjestelyiden tiedot.

Taulukko 2. Erätuotannon ja rinnakkaistuotannon kokeelliset tulokset

	Erätuotanto (3 henkilöä)	Rinnakkaistuotanto (2 henkilöä)
Työvaihe 1	Oikosulkupalat Osa vastaliittimistä	Oikosulkupalat Vastaliittimet
Työvaihe 2	Osa vastaliittimistä	Pakkauslaatikon taittelu Tarrat pakkauslaatikkoon Kotelon päätylevyn ruuvaus Tarrat korttiin ja koteloon Kortin asettaminen koteloon ja päätylevyn ruuvaus Paketointi Siirto kuljetuslaatikkoon
Työvaihe 3	Tarrat pakkauslaatikkoon Tarrat korttiin ja koteloon Kortin asettaminen koteloon ja päätylevyn ruuvaus Paketointi Siirto kärryyn	
Läpimeno-aika	3687 sekuntia per 10 kpl	2300 sekuntia per 10 kpl
Läpimeno-ajan lyhennys		38 prosenttia

Läpimenoajan todellinen lyhentyminen on suurempi, koska erätuotantotilanteessa tietyt vaiheet olivat tehty etukäteen, jolloin niidenkin aika pitäisi ottaa huomioon. Jos

nämä arvioidaan yhdeksi minuutiksi per kortti, niin läpimenoajan lyheneminen erätuotannosta rinnakkaistuotantoon siirryttäessä olisi yli 46 prosenttia.

Solujärjestelyssä huomattiin, että toisen työvaiheen tekijä odotteli lähes kaksi minuuttia ennen kuin sai liittimin ja oikosulkupaloin varustetun kortin ensimmäisestä vaiheesta. Läpimenoaikaa pystyttäisiin lyhentämään vielä jonkin verran, jos odotusajalla voi tehdä jotakin avustavaa työtä. Yksi vaihtoehto olisi oikosulkupalojen kiinnittäminen, jolloin ensimmäisessä vaiheessa kiinnitettäisiin vain vastaliittimet. Toisena vaihtoehtona voitaisiin ajatella kolmannen henkilön ottamista mukaan soluun, joka kiinnittäisi oikosulkupalat.

6.3 Mittarit ja visualisointi

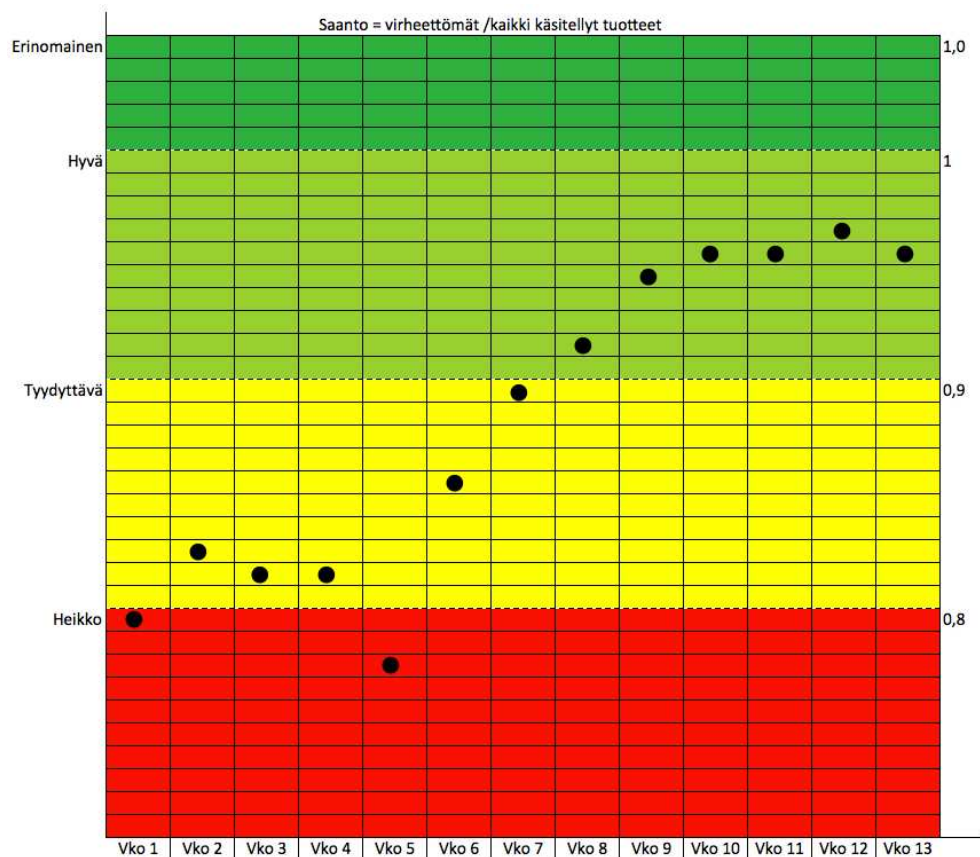
Tavoitteiden toteutumista seuraavat mittarit ja tuotannon etenemistä osoittavat taulut ovat tärkeitä tekijöitä toimintaa kehitettäessä. Kun mittarit visualisoidaan jokaisen ymmärtämään muotoon ja ne pidetään näkyvillä kaiken aikaa, niin henkilöstö voi seurata omien toimien vaikutusta tuloksiin.

Suuren tuotevalikoiman tuotannossa on mielekäästä seurata sellaisia tekijöitä, joihin ei vaikuta tuotteille ominaiset asiat kuten työstön vaativuus tai prosessiaskelien lukumäärä ja järjestys. Tästä syystä esimerkiksi tuottavuuden seuraaminen tuotteeseen käytetyn ajan suhteen ei ole järkevää, koska jokaiselle tuotteelle pitäisi asettaa oma mittarinsa. Ongelmaksi tässä nousee sarjojen erilainen määrä, sillä joitakin tuotteita voidaan tehdä vain yhdesti ja tuotanto ei ole rutiininomaista. Tällaisissa tapauksissa mittari ei olisi yhdenmukainen sellaisen tuotteen kanssa, jota tehdään säännöllisemmin.

Yhteismitallisesti on kuitenkin mahdollista seurata esimerkiksi saantoa ja toimitusten täsmällisyyttä. Näillä mittareilla pystytään esittämään kaikki valmistetut tuotteet samassa taulukossa. Seuranta voi tapahtua viikon jaksoissa, koska toimitukset tapahtuvat vaihtelevasti tänä aikana.

Saannon mittauspisteenä voidaan käyttää testausta, sillä lähes jokainen tuote käy tämän työvaiheen läpi. Tällä hetkellä testauspöytäkirjaan merkitään tuotteet siten, että siitä käy ilmi, jos ne ovat vaatineet korjausta. Tätä tietoa tulisi hyödyntää siten, että ne visualisoidaisiin koko henkilöstölle. Laatutasot voidaan määrittää, jotta jokainen tietää mitä eri arvot taulukossa merkitsee.

Kuvassa 16 on saanto visualisoitu esimerkinomaisesti. Siitä käy yksiselitteisesti ilmi miten saanto määritetään ja millaisella laatutasolla kullakin ajanhetkellä liikutaan. Kuvaajamallisesta esitystavasta on helppoa huomata, jos tilanne muuttuu trendinomaisesti tiettyyn suuntaan.



Kuva 16. Saannon visualisointi henkilöstön motivoimiseksi

Voidaan ajatella, että ylläolevan kuvan seurantajakson huonon alun jälkeen on tehty jokin tai joitakin muutoksia tuotantoprosessissa, jolloin saanto on lähtenyt nousuun ja muutamien viikkojen jälkeen se alkaa vakiintumaan uudelle tasolle. Tällä on merkitystä henkilöstön työmotivaatiolle, kun jokainen näkee tehtyjen muutoksien vaikutuksen käytännössä.

Kun tällainen järjestelmä otetaan käyttöön, niin saantoa on seurattava ensin siten, että sen pohjalta voidaan määrittää lähtötaso ja mielekäs asteikko visualisoinnille. Edellisessä esimerkissä asteikon alin taso on 0,65 eli 65 prosenttia tuotteista olisi virheettömiä. Jos saanto vakiintuu ajan kuluessa uudelle tasolle, niin asteikko voidaan skaalata väreineen vastaamaan uuden tason mukaisia vaatimuksia.

Toimitusten täsmällisyyden visualisointi nostaa esille asiakaspalvelun laatutason siten, että se kertoo kuinka hyvin luvattuun toimitusaikaan pystytään vastaamaan. Toimitustäsmällisyys voidaan esittää taulukon 3 mukaisesti. Tiedetyt rajat määritetään, joiden kohdalle kirjataan prosenttiosuudet tai absoluuttiset luvut ilmaisemaan kuinka moni toimitus on tapahtunut ajallaan ja kuinka moni myöhässä. Tässä esimerkissä on käytetty neliportaista esitystapaa, jossa ajallaan toimitettujen lisäksi ilmoitetaan 1-5, 6-10 sekä yli 10 päivää myöhästyneet toimitukset.

Taulukko 3. Toimitustäsmällisyys

Ajallaan	90	93			
1-5 päivää myöhässä	5	6			
6-10 päivää myöhässä	4	1			
yli 10 päivää myöhässä	1	0			
	Viikko 1	Viikko 2	Viikko 3	Viikko 4	Viikko 5

Taulukon yhteyteen voitaisiin kirjata lisäksi myöhästymisten syyt, jolloin jokainen tietäisi ovatko ne tuotannosta riippuvia vai riippumattomia. Myöhästymiset voivat johtua esimerkiksi komponenttipuutteista, laitteistovioista, henkilöstön poissaoloista tai yksinkertaisesti tuotannon ajoittamisen virheistä. Jos toimitusaika poikkeaa jostain muusta kuin edellämainitusta syystä, niin kysymys voi olla tuotannon ohjaamisesta. Tätä voitaisiin helpottaa siten, että henkilöstölle ilmoitettaisiin toimitusajat heti, kun projekti aloitetaan. Koska henkilöstö on omalta osaltaan vastuussa projektien etenemisestä, niin toimitusajan, alkuperäisen tai myöhemmin muuttuneen, näkeminen jatkuvasti auttaisi heitä priorisoimaan töitä.

7 YHTEENVETO

Toyotan tapa järjestää tuotanto toisen maailmansodan jälkeisessä Japanissa on ollut merkittävä autoteollisuutta muokkaava tekijä. Myöhemmin lean-nimen saanut yrityskulttuuri keskittyy hukan poistamiseen kaikista prosesseista, jolla niistä pyritään tekemään virtaviivaisia ja nopeasti asiakaskysyntään reagoivia.

Arvon tuottaminen on perusta sille, että on olemassa tuotteita valmistavia yrityksiä. Arvon luominen vaatii resursseja, joiden käytön kustannukset asiakas tuotteen muodossa maksaa. Asiakas on kuitenkin harvoin valmis maksamaan mitä tahansa näistä tuotteista. Siksi on tärkeää, että prosessit sisältävät mahdollisimman vähän arvoa lisäämätöntä työtä.

Lean sisältää erilaisia työkaluja prosessien virtaviivaistamiseksi. 5S-ohjelmalla saadaan työpisteiden ja –alueiden työturvallisuutta parannettua, kun paikat siistitään, tarpeettomat välineet poistetaan ja tarvittavat välineet pidetään oikeilla paikoillaan. Työn tuottavuutta voidaan parantaa standardoimalla työtehtävät, jolloin virheiden mahdollisuus vähenee. Virheitä voidaan ehkäistä myös jidokan eli laitteistoon rakennetun älyn sekä poka yoken eli inhimillisiä erehdyksiä estävien mekanismien avulla.

Prosessin sujuvuuteen liittyvät imuohjaus, kanbanit, takt-aika ja solumuotoinen tuotanto. Imuohjatussa tuotannossa valmistetaan vain tarpeen mukaan tarpeellinen määrä haluttua tuotetta tai sen osaa. Kanban on tämän tarpeen ilmaiseva signaali, joka voi olla esimerkiksi kortti, tyhjä kuljetuskärry tai tyhjä varastopaikka. Takt-aika puolestaan kertoo ajan, jonka aikana tuotteita pitää valmistua, jotta asiakastarve pystytään tyydyttämään tietyn ajanjakson aikana. Takt-aika ilmaistaan usein muodossa minuuttia tai sekuntia per kappale. Tuotantosoluja käyttämällä pystytään asiakastarpeeseen vastaamaan parhaiten. Tällöin välimatkat ovat lyhyet, turhat työvaiheet ja käsittelyt vähenevät ja rinnakkainprosessointi lisääntyy. Solumaisella tuotannolla läpimenoaikaa ja keskeneräistä tuotantoa saadaan vähennettyä merkittävästi. Läpimenoajan lyhentäminen on mahdollista myös tuotevaihtoaikoja lyhentämällä. Tällöin tuotetta voidaan vaihtaa useammin ja reagoida joustavammin kysynnän muutoksiin.

Tuotantoa voidaan myös tasoittaa, kun pyritään parantamaan toimintaedellytyksiä epävarmassa markkinakysyntätilanteessa. Tällöin hiljaisempaa aikana keraantyy varastoa, mutta korkean kysynnän aikana tuotteita toimitetaan varastosta. Hukkaa syntyy, jos joudutaan varautumaan huippukysynnän mukaan, koska silloin resursseja on oltava aina riittävästi saatavilla. Pullonkaulateoriaa hyödyntäen tuotanto voidaan tahdittaa hitaimman työvaiheen mukaiseksi, jolloin hukkaa syntyy vähiten.

LÄHTEET

- [1] Liker, J.K. The Toyota Way. USA 2004, McGraw-Hill. 330 s.
- [2] Womack, J.P. Jones, D.T. Roos, D. The Machine That Changed The World – How Lean Production Revolutionized The Global Car Wars. London 2007, Simon & Schuster UK Ltd. 339 s.
- [3] Womack, J.P. Jones, D.T. Lean thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporate. London 2003, Simon & Schuster UK Ltd. 396 s.
- [4] Ortiz, C.A. Kaizen Assembly – Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line. Boca Raton 2006, CRC Press. 234 s. [saatavissa: <http://www.crcnetbase.com>, viitattu 26.1.2011]
- [5] Wang, J.X. Lean Manufacturing – Business Bottom-Line Based. Boca Raton 2011, CRC Press. 257 s. [saatavissa: <http://www.crcnetbase.com>, viitattu 26.1.2011]
- [6] Pereira, R. Let's Create a Current State Value Stream Map. 24.8.2008, Lean Six Sigma Academy. Verkkoartikkeli. [saatavissa: <http://lssacademy.com>, viitattu 26.2.2012]
- [7] Pan, G. Feng, D. Jiang, M. Application research of shortening delivery time through value stream mapping analysis. Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM), 2010 IEEE 17Th International Conference 29-31 Oct. 2010, ss. 733-736. [saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>, viitattu 8.2.2012]
- [8] Morgan, J. Brenig-Jones, M. Lean Six Sigma for Dummies. Chichester 2009, John Wiley & Sons Ltd. 219 s.
- [9] Lane, G. Made-to-Order Lean – Excelling in a High-Mix, Low-Volume Environment. New York 2007, Productivity Press. 209 s.
- [10] Tharisheneprem, S. Achieving full fungibility and Quick Changeover by turning knobs in tape and Reel machine by applying SMED theory. Electronic Manufacturing Technology Symposium (IEMT), 2008 33rd IEEE/CPMT International 4-6 Nov. 2008, ss. 1-5. [saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org>, viitattu 20.2.2012]